

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-040445

(43)Date of publication of application : 10.02.1995

(51)Int.Cl.

B29C 67/00
B29C 35/08
G03F 7/00
G05B 19/4097
G06F 17/50

(21)Application number : 05-190595

(71)Applicant : TEXAS INSTR INC <TI>

(22)Date of filing : 30.07.1993

(72)Inventor : PENN STEVEN M
JONES DAVID N
EMBREE MICHAEL E

(30)Priority

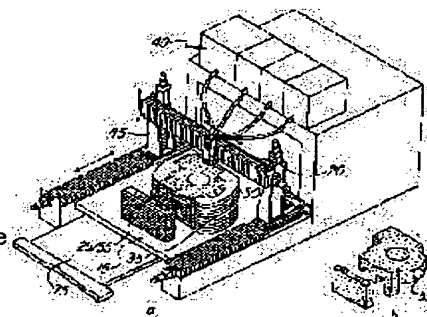
Priority number : 92 923278 Priority date : 31.07.1992 Priority country : US

(54) METHOD FOR COMPUTER-CONTROLLED MANUFACTURE OF THREE-DIMENSIONAL OBJECT FROM COMPUTER DATA

(57)Abstract:

PURPOSE: To manufacture a three-dimensional object from computer data by a method in which in order to dispense a second material to a first jet which dispenses a first material controllably to a target surface and another location, a dispenser fitted to a head arranged later than the first jet and an integrated print head are provided.

CONSTITUTION: In a table 15 supporting a target surface 50 and an integrated print head 20 which forms a layer on the target surface 50 and can move to/from the table 15, the first jet which dispenses the first material controllably to a selected location of the target surface 50 is provided. In order to dispense the second material to another location of the target surface 50 simultaneously with the first jet, a dispenser which was arranged later than the first jet in the movement direction of an integrated head to the table 15 and the integrated print head 20 containing ... are provided.



BEST AVAILABLE COPY

LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 24.07.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the
examiner's decision of rejection or application converted
registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3555968

[Date of registration] 21.05.2004

[Number of appeal against examiner's decision of
rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

*** NOTICES ***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.**** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The base which supports a target side in the equipment which produces a three-dimension body, The 1st jet which forms a layer on said target side, is the movable unification print head and distributes the 1st ingredient to the selected position of said target side controllable to said base, In order to distribute the 2nd ingredient to said 1st jet and coincidence in other locations of said target side, Equipment which produces the three-dimension body containing said unification print head which contains a mounting beam distributor in said head by the relation which was overdue and ****(ed) to said 1st jet to said base in the migration direction of said unification head.

[Claim 2] The 1st jet with which it is the phase to which the unification print head is moved on a target side in the approach of producing a three-dimension body, and said unification head distributes the 1st ingredient of a liquid to said target side controllable, Between said movement phase containing the distributor which distributes the 2nd ingredient of a mounting beam liquid to said print head by the relation which ****(ed) to said 1st jet, and said movement phase Are the phase which distributes said 1st ingredient to the selected position of said target side corresponding to an objective cross section controllable through said 1st jet, and said 1st ingredient between said distribution phase solidified after being distributed, and said distribution phase It is the phase where said 1st jet distributes said 2nd ingredient to other locations of said target side after the location which has distributed said 1st ingredient through said distributor. Solidify, after being distributed, and said 2nd ingredient completes a layer on said target side. How to produce a three-dimension body including the phase which forms the body which repeats said distribution phase which forms other target sides in the top face, said movement phase, said phase distributed controllable, and said distribution phase, and contains said 1st and 2nd ingredients.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.**** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention is related to the equipment and the approach of manufacturing a three-dimension body from computer data using distribution by many especially media and the computer control of alternative ingredient clearance, and processing with regards to quick prototyping, without limiting the range.

[0002]

[Description of the Prior Art] A complicated design will make the need for quick prototyping manufacture increase, it will be necessary to feed it back promptly, and it will be required that a model factory or a machine shop should manufacture components with a complicated small amount in the minimum setup and the execution time. While many carry out the manufacture approach measles, it is late, and it is complicated and expensive.

[0003] Although manual machining and the shaping approach are often cheap to an easy design and effective in it, cost will become very high at the repeat which complicated components and a complicated assembly take. Although the computer-numerical-control (CNC) machine is widely used in order to automate complicated manufacture, cost starts operating, performing maintenance and programming only for one fabrication in many things.

[0004] The equipment most widely known for the field of quick prototyping is a stereolithography (Stereolithography). This equipment scans the selection two-dimensional region top of the liquid light polymer put into the bucket using the group of the mirror of computer control with a laser beam, and when this forms the layer of a solid-state polymer, it manufactures complicated components from computer data. The frozen layer attached in the base descends in a bucket, and a new layer is generated by the top face of a front layer, and it forms three-dimension components.

[0005] If components are completed, superfluous resin will be removed by the solvent and all overhang supporters will be cut out from a necessary object with a base fixture. Exposure is still more nearly required in order to solidify the liquid caught inside.

[0006] The main faults over a stereolithography and the same approach are points that the supporting structure must be designed in order to combine a body with a base, and in order to attach the overhang section, the large span section, or a separation region. The manual clearance from the components at the time of the addition of these structures to a CAD model or future washing requires an effort, and often needs special art.

[0007] the activity of laser or resin takes other faults -- excessive -- they are regarding the place and an environmental safety scale. The chemical agent used by this process and defecation needs special handling, ventilation, and storage in order to protect a work site with an operator. Mass trash is generated in clearance and defecation of resin. An optical polymer is expensive and is not recyclable. These all are doing the impossible thing the activity with a facility in a general work site or general office from magnitude and an environment-reason. Furthermore, installation and a calibration are dramatically difficult because of the delicate property of laser and optical system. Maintenance is expensive because of the complexity of equipment, and the cost of laser.

[0008] Other lithography manufacture approaches are alternative laser sintering processes. This approach carries out melting (sintering) of the selection region of a wax, plastics, or a powder ingredient like a metal using heating laser. The bucket containing powder is actually scanned with laser, and thereby, each particle is melted and is joined to the adjoining particle. The layer of melting powder is sequentially processed as well as optical polymer lithography. The advantage of a sintering process is a point of playing a role of a supporter of the components with which non-heating powder is formed. This means that non-heating powder is shaken off from an object or is paid.

[0009] However, a selection laser sintering process is optical system complicated again and expensive. The resolution of the last components is restricted to 0.01 "–0.02" (0.0254 to 0.0508 cm) by a beam-of-light diameter and the standard target. Furthermore, as an excessive phase, it must carry out level

doubling for powder with a revolution brush in piles, and this needs other electronic machine parts again. Also with a calamity, level setting detailed powder with a revolution brush often produces a heterogeneous stuffing consistency. In addition, powdered cost -- liquid light polymer equipment -- being small (an ingredient and effort) -- it is difficult to prepare a 30-micron layer. The body assembled from this powder is in-between resolution, has the front face which is not uniform, and often has heterogeneous structure.

[0010] Research of manufacture by three-dimension printing was done in Massachusetts Institute of Technology. In this research, ceramic powder is stacked using a broad feeder on a bucket or a pan. On powdered selection region, the binder of a silica is printed and a solid cross section is formed. The pile of a cross section which repeats this process and expresses a final body is formed.

[0011] This approach also shows another difficulty of removing non-fixed powder from an internal cavity while showing a problem in the same powder accumulation as a selection laser sintering process. Furthermore, the body created by this equipment is not recyclable. Research of MIT is turned to the fabrication of the mold of a ceramic. A metal or other ingredients are poured in or slushed into a mold and this mold is behind pulled down from casting components. The internal cavity of the mold which seals the last components also to a calamity cannot be inspected easily, but this needs the process of expensive trial and an error, in order to obtain exact components.

[0012] Another trouble found out by the Prior art is a point which cannot offer the automated equipment which reproduces physically the point which cannot remove automatically the point which cannot use the thing more than giving various surface color at the time of manufacture of a necessary body, or 1 ingredient medium, the overhang section, the large span section, or the medium supporter of a separation region, a three-dimension computer-aided design, and an image. Equipment available now is expensive, the medium currently used is not recyclable, and automation components processing after manufacture cannot be performed because of the activity of the powder of the large quantity which needs not a conveyer base but a container, and resin. Therefore, the amelioration which conquers one of these problems or all is current needed.

[0013] As further background, U.S. Pat. No. 4,665,492 taken out to the Masters Tournament on May 1, 1987 has described the computer automation processing and equipment which manufacture a three-dimension body. The activity of the kind used as an origin is needed, the particle of components formation material is turned to this, a particle pastes up, and the approach of disclosure forms a body. Since it is such, the complexity of the configuration of the body formed by the approach of disclosure is limited, and only the body which can be formed by the single-approach from the kind used as an origin is considered to be producible by this approach.

[0014] Moreover, U.S. Pat. No. 4,961,154 of the October 2, 1990 issuance as further background and the European Patent station disclosure 0th of June 6, 1989 disclosure 322 No. 257 is indicating the approach of producing three-dimension components by selection exposure of an optical polymer. Each of these illustrations indicates the approach and equipment which give the layer of an optical polymer are exposed selectively, and develop an exposure layer continuously. It is indicating that the non-polymer-ized light polymer in each class may be replaced with a different supporting material by these illustrations' filling up with a different supporting material the part of the layer which removed the non-polymer-ized light polymer and removed the non-polymer-ized light polymer further, and forming the following body layer by the same approach after that. The approach currently indicated by these illustrations is useful, although it is limited to optical polymer processing, therefore components are produced only from the ingredient of a narrow group. In addition, the machine which produces components by this approach becomes inevitable very complicated from needing haulage of the ingredient under processing from each part of a machine to each part in consideration of having to remove and discard a non-polymer-ized ingredient at the time of processing of each class.

[0015]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Considering the above-mentioned problem which

accompanies a related technique, the object of this invention is offering the computer-aided-manufacturing equipment which manufactures the body of the 1 or more surface color more than 1 ingredient medium, and an approach.

[0016] Other objects of this invention are offering the automated equipment and approach of reproducing physically a three-dimension computer-aided design and image including the automation components processing after manufacture.

[0017] The object of further others of this invention is offering the equipment which removes automatically medium supporters, such as the overhang section, the large span section, and a separation region, from a manufacture body, and an approach.

[0018] Another object of this invention is offering the equipment which manufactures a body using a recyclable medium, and an approach.

[0019] Another object of this invention is offering the equipment which simplified the processor taken manufacture components using the unification head which performs each of a processing phase required for a components layer with single pass, and an approach.

[0020] Another object of this invention is improving the dependability of the equipment which improve further said approach of manufacturing a three-dimension body, and performs this by forming the body as restoration shell from the database which directs a solid-state body.

[0021] Another object of this invention is improving the approach of manufacturing a three-dimension body further by offering the approach of distributing and processing an ingredient only in the location of each side of the body under fabrication required to support the following body layer.

[0022]

[Means for Solving the Problem] These and other objects are attained by the equipment of this invention, the approach, and processing. In a desirable example, the approach of computer control manufacture of a necessary three-dimension body and processing include the phase which distributes the layer of a liquid insolubility ingredient to up to a base by the position. Once this liquid medium contacts a base, it will be hardened. In this case, although a water-soluble base is desirable, an eternal thing is also possible for a base, without committing the summary of this invention.

[0023] Subsequently, the spray of the water-soluble medium is carried out, and it encapsulates the hardened insoluble medium. This water-soluble medium is also hardened at the time of contact. The maximum top face of this capsule is a flat surface, therefore removes the part of a water-soluble capsule, and exposes lower insoluble material to new pattern laminatings. The remainder produced by said flattening is removed and it distributes further on the front face which flattened the next layer of liquid insolubility medium. Or it prints these two-dimensional spray patterns continuously, the three-dimension body enclosed by "accumulation" ***** genotype is formed. This cycle of clearance of flattening following distribution and this of a liquid insolubility medium layer and a soluble capsule layer and the flattening remainder is known as a printing cycle, and it continues until a three-dimension body is completed. At the event of completion, a body is dipped in water, dissolves a water-soluble mold, and leaves a three-dimension body.

[0024] According to other desirable examples, the equipment which manufactures a three-dimension body from computer data contains at least one body scan and image taking-in equipment which are used in order to generate and memorize the specific data about a necessary three-dimension body. This data is sent to a microprocessor controller and this microprocessor is processed to the continuation cross section of the three-dimension body which should describe received data physically.

[0025] Based on the input from a microprocessor controller, at least one nozzle spray-carries out the spray of the water-soluble ingredient for at least one maximum low-temperature melting material in the predetermined region on a target side, and at least one distribution apparatus encapsulates the layer the maximum low-temperature melting material. Exact positioning of a spray ingredient is determined by 1 set of linearity pointing devices to which at least one distribution apparatus and at least one nozzle are moved on a target side with the instruction received not only from the pattern received from the

CAD system but from the microprocessor controller.

[0026] Once the layer of the maximum low-temperature melting material is encapsulated with a water-soluble ingredient, the cutting equipment of microprocessor control will flatten a capsulation ingredient the lower maximum low-temperature melting material will be exposed, and the vacuum anchorage of microprocessor control will remove an unnecessary flattening ingredient in the meantime. If all printing cycles are completed, the completed body and a mold will be dipped to the supporter stripper which used water, will dissolve a water-soluble ingredient by this, and will leave a three-dimension body.

[0027] Unlike the remaining layers of liquid insoluble material, it can color, and, thereby, the main advantages of the equipment of this invention and a process make possible all to a sudden change from the light and darkness of the color of all range, and a delicate color within the same manufacture body even for the selection region of liquid insoluble material, and the selection point in a layer. If some identifiers are mentioned according to this description, it will make it possible to manufacture a quality detailed visualization model to science, medical care, and a wide range activity like geographical research. Furthermore, the changing tone can be similarly attained by using one or more sorts of insoluble ingredients. Moreover, a mold medium and the body itself are recyclable with wise selection of insoluble ingredients, such as a wax and heat plastics, and the activity of the water-soluble medium to mold.

[0028] According to other examples of this invention, with the single pass of the head on a target side the conventional layer is flattened and a components layer and the single unification head to which both supporting material is distributed are prepared. Such structure enables a quicker more easy fabrication of components or a body, and it offers the equipment of low cost rather than it manufactures said components and body.

[0029] According to the example of further others of this invention, this equipment includes the function to change the computer database expression of a solid body into the expression of the hollow body of the shell thickness specified by a user. Consequently, the volume of the components ingredient taken from components decreases to the volume of only shell, it makes it possible to form many of each class not from a body ingredient but from supporting material, and said supporting material is distributed by the approach which is not more precise. The wear of the exact ink jet print head received by this approach decreases, and it improves the dependability of equipment.

[0030] According to the example of further others of this invention, this equipment bends [whether a components ingredient is distributed on it, and] from the layer of the degree which should be processed and henceforth, and includes the function to make the decision which stops distribution of the supporting material to said location in a case. Furthermore, this function offers the function which flattens only the target side of the location which should distribute the following components layer, and decreases the amount of the generated remainder, and the range of processing beyond the need.

[0031] It reaches and other descriptions and advantages become whether to be ** from the detailed explanation of the following of a desirable example given with these appended drawings of this invention at this contractor.

[0032]

[Example] This invention manufactures the exact duplicate of a CAD model without tool processing, and since it is safe in environment, it is operational under the usual work environment in it.

[0033] In the part which refers to a CAD image on these descriptions, he should understand that can carry out contraction scale doubling also of the image from other body scans and image taking-in equipment using this invention, and it can manufacture. The example of said equipment used in common contains a computer-aided design (CAD), a computer aided manufacturing (CAM), computer aided engineering (CAE), a computer tomography (CT), magnetic resonance projection (MRI), proton radiation tomography (PET), IR imager, an electron microscope, etc., without limiting the range of this invention. Thus, it can become the body of the class containing the model of a living thing or vegetation which does not count and go out, and the body with which a celestial body is also reproduced by this invention.

by the color further.

[0034] Drawing 1 a is the perspective view of the automatic three-dimension body manufacture department by the desirable example of this invention. Distribution or the airline printer 10 of one or more microprocessor control contains the print head 20 into which the whole like a base 15 feeds the maximum low-temperature melting material of a liquid condition by either the globule or thin flow towards a plane target side. A base 15 plays a role of a foundation of printing of the beginning and henceforth, and spray actuation. The independent distribution apparatus 10 in which the address of a computer is possible has a desirable ink jet which uses the melted wax, plastics, or other ingredients for the page printer of the color plotter which was made to carry out a spray, or an ink jet. The airline printer 10 in the print head 20 is turned on and off according to the two-dimensional data map by which is memorized by the microprocessor and relay actuation is carried out.

[0035] It is used in the semantics that a "microprocessor" does not need the "microcomputer" in the context by a microcomputer needing memory. These vocabulary is also acceptance words again, and refer to the equivalent object for it so that it may be used on these descriptions. The phrases a "processing circuit" can be understood to be the digital computers containing the microprocessor and microcomputer of the processor of ASIC (application specification integrated circuit), PAL (programmable array logic), PLA (Programmable Logic Array), a decoder, memory, and the non-software base, other circuits, or arbitration architecture, or these combination. The word of inclusion will be interpreted by semantics imperfect again if the range of invention is taken into consideration.

[0036] A injection mold tool (not shown) is used in order to manufacture a base from water-soluble material. A mold tool has cooling/heating device in which mold processing is accelerated with a pressure or vacuum opening. In addition, the mold tool cavernous section is adjustable cross-section thickness according to the configuration of a necessary body. The base made from other insoluble ingredients or metals like a ceramic or special plastics is not more desirable than the base of water-soluble material in order to decrease the area by which dew is carried out to a solvent in a washing phase.

[0037] If it returns to drawing 1 a, one or more ingredients 25 are changed into a liquid condition by heat or other processings, and it is injected by the print head 20, and in a base 15 top, it will paste up promptly and an ingredient 25 will create the two-dimensional patterned layer of an adjustable cross section here. Said several layers continuously formed in the mutual top face are known as the laminating section. Although the body 55 including the laminating of the layer of the ingredients 25 and 35 piled up with a microprocessor instruction is solidified as a visible layer by drawing 1 R>1a, he should understand that this is a thing for simplification in the object for explanation strictly. Actually, said layer is thickness It is .005 inch (0.0127cm) and, with the naked eye, detection is actually impossible.

[0038] One or more heating nozzles or guns 30 (it looks better in the example of drawing 2 a– drawing 2 c) encapsulate desirably ***** and the insoluble pattern which this printed before and which is not random for random coating of the water-soluble ingredient 35. The ingredient hold delivery equipment 40 explained more to a detail in relation to drawing 2 a– drawing 2 c gives the container of each ingredients 25 and 35 accumulated according to this invention. By using a heating nozzle or a gun 30 for distribution of the water-soluble material 35, since this is not used for a water-soluble ingredient, the life of the print head 20 is prolonged. In addition, in order to turn a spray particle to x or y specific points, considerable reduction of computer data volume and processing is realized by the activity of the random spray equipment 30 which does not need a detailed instruction.

[0039] The water-soluble ingredient 35 is a solid-state at a room temperature, and indicates the suiting melt viscosity to be common drawing mold equipment, and, as for after laminating hardening, it is desirable to have a good working characteristic. An ingredient 35 supports and encapsulates an insoluble three-dimension body necessary [in processing]. It guarantees that it remains after the very beautiful three-dimension body 55 which consisted of arbitration ingredients 25 dips the moisture powder property of an ingredient 35 to the container of water so that drawing 1 b may show.

[0040] A water-soluble ingredient is more desirable than the charge of supporting material used for

other above-mentioned equipments like powder (it is easy to leave a coarse flake side) or UV hardening resin (a cutting tool or a sanding machine must remove manually). A powder manner of support cannot give suitable holding power to the distortion of a body again. The activity at least of low-temperature melting point material enables the user of this invention to produce water solubility, or a cantilever, head lining or the overhang body from a wall and the complicated description like [it is not restrictive as an example further again, is complicated like the ship in a bottle, and] the complicated object unlike other ingredient laminating equipments. In addition, the water-soluble ingredient is dramatically cheap, there is not necessarily no need of printing by the print head 20, and a spray is cheaply [promptly and] possible for it with a nozzle 30.

[0041] although it is desirable on the whole to use a water-soluble ingredient as a mold -- an ingredient 35 -- heat -- **** -- the alcoholic melting material which melts when it dips in the low-melt point material and alcohol which are removed by things should also understand the possible thing. In order to remove a mold generally, without affecting a body, the property in which a mold and a body are different from each other is used. Thus, the last layer is printed, a supporter is dissolved or decomposed, and it leaves a three-dimension body with which an example is looked at by drawing 1 R>1b. Although these ingredients are not so desirable as a water-soluble ingredient, it is desirable to the supporting material mentioned above in relation to other ingredient laminating equipments, and these activities correspond within the limits of this invention.

[0042] The pointing device 45 arranged along with x of a rectangular coordinate system, y, and the z-axis (naming [drawing 1 a] in this way) moves the print head 20 and/or the target side 50 by computer instruction. The target side 50 is a base 15 in the first laminating, and is the front laminating section in future laminatings. especially -- a pointing device 45 -- the target side 50 -- level -- (Y) or carrying out (Z) migration vertically -- moreover, it is desirable by crossing the target side 50 and carrying out (X) migration of the print head 20 horizontally that the three-dimension body of arbitration can be defined thoroughly. The pointing device 45 is using the circular motor 48 in order to move the target side 50, the spray machine 30, and the print head 20. Other motors like a linear motor should be noticed about the usable thing instead of the circular motor 48.

[0043] A pointing device 45 is the pointing device for volumetry, the flat-surface pointing device which cooperates with a linearity pointing device, or three linearity pointing devices, and he should understand that such a detail is not what never limits the range of this invention.

[0044] Drawing 2 a- drawing 2 c is the elevation of other desirable examples of the quick prototyping equipment of drawing 1 a by this invention, a plan, and a left side view. Explanation of the element shown in drawing 2 a- drawing 2 c corresponding to what was mentioned above in relation to the example of drawing 1 a is included in this description. As for the specific location of the element of the equipment by this invention, it is [the print head 20 and the spray machine 30] desirable as not a problem but an exception to be arranged so that an ingredient may be distributed to a right angle to the target side 50 so that he can understand by comparing drawing 1 a with drawing 2 a-2c.

[0045] The prototyping equipment shown in drawing 2 a- drawing 2 c is laid on the support table 56. In order to strengthen the print head 20 and the Lynn Tell supporter in which spray machine 30 grade carries out suspension, the cantilever supporter 58 strengthens a supporter 62.

[0046] One or more cutting equipments 60 (it sees best at drawing 2 a) arranged so that the top face of the target side 50 may be flattened at intervals of assignment in accordance with the vertical axes of manufacture remove a part of water-soluble capsule 35, and expose the lower insoluble ingredient 25 to new pattern laminatings. Cutting equipment 60 compensates the front face and height fluctuation which are produced again according to the rate-of-flow difference between the multiplex printed elements 10 on the print head 20. In order to play the role which releases the stress which flattening actuation of cutting equipment 60 produces by cooling and reduction-izing of ingredients 25 and 35, distortion of a body also decreases.

[0047] A vacuum head and pumping plant 65 (it sees best at drawing 2 c) remove the residue generated

between flattening actuation of cutting equipment 60. The residue is refreshable to abolition or the further recycle at a canister with a filter. The vacuum fastener 70 (it sees best at drawing 2 a) holds the assembly base 15 to a pointing device 45, and enables easy and quick removal and exchange of a base 15 without the danger of the breakage or deformation to a base 15. The vacuum fastener 70 enables the equipment by this invention to prepare the automation body carrying-in taking-out conveyer or rack 75 (for it to illustrate to drawing 1 a) of arbitration.

[0048] The activity volume section 78 which shows an appearance with a broken line by drawing 2 a shows the maximum body epicyst form which arranges a body, while printing. Since some ingredient combination needs printing with the environmental temperature below beyond a room temperature (it is a metal like) or a room temperature (it is water like), an environmental control room is arranged in the activity volume section 78.

[0049] The mass container 80 (it sees best at drawing 2 c) which is a part of ingredient hold distribution apparatus 40 of drawing 1 a stores the solid-state volume material which the processing ingredients 25 and 35 which are carried by the feed gear 82 and measured to the small corresponding heat chamber 84 which performs melting and filtration dried. Although Auger or a screw feed gear is sufficient as a feed gear 82, other feed gears are possible and are driven by the motor 83. Next, a melting liquid medium is pressurized by the pressure equipment 86 from the liquid medium delivery line 88 to the print head 20 or a spray gun 30 whose each is a pump etc. before distribution. This by which it is shown that the liquid medium delivery line 88 is fractured is for simplification, and each of a line 88 is following either the print head 20 or the spray machine 30 according to a line from pressure equipment 86. In order to guarantee that a medium remains in the liquid phase before reaching to the print head 20 or a spray gun 30 especially according to a case, when the distance between ** 84, the print head 20, or a spray gun 30 is relatively long, it is desirable to heat the medium delivery line 88.

[0050] Thus, in addition to configuration creation, there is no other equipment by this invention, and it makes it possible to manufacture a body by the high-resolution color function. In addition, the beneficiary of the featureless description includes art, astronomy, and training of other many with medical care, geography, a building, and the engineering field. The thing of an ingredient presentation which is different with the combination of a different ingredient color or a color is sufficient as an ingredient 25. In order to attain the visual sense of reality of necessary level, the color group of cyanogen, a Magenta, yellow, black, and white is desirable, because it is because the neutral colors of the arbitration in [all] a color band region are obtained by the superposition or dithering of an ingredient.

[0051] Drawing 3 is the perspective view of the microprocessor by the desirable example of this invention, and a supporter stripper. The microprocessor controller 90 and the supporter stripper are illustrated by the activity section. Although not illustrated, said control and a supporter stripper can be differed from each other and arranged, are physically combined with the equipment illustrated to drawing 1 a or drawing 2 a– drawing 2 c, and can offer the quick prototyping equipment of complete automation.

[0052] The data of a proper including the dimension, the color, or other necessary properties which simulate a necessary three-dimension physics body are generated and memorized using a CAD system. This data is sent to a microprocessor controller 90, is memorized, and is processed. A microprocessor controller 90 processes input data to the continuation cross section of the three-dimension body drawn physically including an image processing and a data-conversion code with a microprocessor instruction.

[0053] The equipment for manufacture of the computer control of a necessary three-dimension body, an approach, and processing include the phase which distributes the layer of the liquid ingredients 25 and 35 to up to a target side in a predetermined location. These predetermined locations are set up by the microcomputer control unit 90 based on the processed slice data received from the computer image file in a CAD system. A microprocessor controller 90 controls ingredient haulage, a feedback sensor, and the electronic machine element for equipment processing with equipment, an approach, and the sequence and timing of processing actuation again.

[0054] A microprocessor controller 90 should not perform these functions with separate equipment, but he should understand that incorporation is possible in a CAD system or other necessary body scans, and image incorporation equipment.

[0055] The supporter stripper 95 consists of washing vats 96 of sufficient dimension which stores thoroughly the body 55 on which the solvent and solvent of a large quantity act. A circulating pump or a shaker 98 is unified, it accelerates like a decomposition fault, and the residue is carried away. a solvent is water when the die materials 35 which should be removed are water solubility -- etc. -- **.

[0056] The temperature chamber 96 which arranges a body 55 instead can also be included by the supporter stripper 95. In order to accelerate like a decomposition fault, an air circulatory organ may be unified in the aforementioned room 96. When die materials 35 fuse at low temperature from the body ingredient 25, best uses the equipment of this latter. This is temperature higher than the melting point of a mold, and enables alternative clearance of a mold at temperature lower than the objective melting point at the time of ****. The combination of the wide range ingredients 25 and 35 is possible like water, a wax and a wax, plastics and plastics, and a metal. Or instead, although the body ingredient 25 is based on the flood UV light or fibre optics which was distributed to the selected position on a target side, and was turned to the distribution location, the optical polymer promptly hardened like at the time of distribution is sufficient as it. When the body ingredient 25 is a hardening light polymer, the wax which has different solubility from the thing of a hardening light polymer can also be used as a supporting material 35. In many cases, a mold and the body ingredients 25 and 35 can be repeatedly recycled for an activity, and can reduce trash.

[0057] Drawing 4 is a processing flow chart illustrating the processing which manufactures the three-dimension body by the desirable example of this invention. an objective base once arranges on a vacuum fastener -- having (block 100) -- it investigates whether print head jet is inspected and it is functioning altogether. This is performed by positioning the print head 20 so that an output can see in an optical Banking Inspection Department place (block 110). Subsequently, print head jet prints the pattern of a short segment (block 120), this is scanned, and each of jet checks whether it is functioning correctly (block 130). When it is determined that no jet is operating correctly, the print head 20 is moved to the blow-off wiping section (block 150), and equipment blows off and makes the flow of jet lead here (block 160). Subsequently jet is again inspected [to the optical Banking Inspection Department] for the print head 20 return (block 110) and here (blocks 120 and 130). Although not illustrated for processing of drawing 4 R> 4, it is in ** that the print head 20 is inspected any number of times if needed.

[0058] When all jet is operating correctly (block 140), an ink feed zone is inspected (block 170). When it turns out that a feed zone is unsuitable, it fills up with a melting canister from a mass canister (block 180). When an ink feed zone is enough, processing is continued by loading objective slice data (block 190).

[0059] It is generated from a three-dimension computer "body" image including color information, and objective slice data are changed into the vertical sequence train of a two-dimensional pattern by application software. Although the 2nd image can be generated by software in the configuration of the surrounding negative volume of the 1st image, a "mold" image is changed into the group of a two-dimensional slice, it acts as the association of the slice data of a body and a mold continuously, and the 2nd image becomes less necessary and less desirable. Overall actuation of the spray machine 30 enables exact printing only to an objective image.

[0060] Once the 1st slice data is loaded (block 190), a base 15 is positioned, cutting equipment 60 will flatten the top face (block 210), and a base will descend by 1 thickness (block 220). Subsequently, the print head 20 scans and carries out the laminating of the slice pattern according to the received slice data (block 230). The slice data of the 1st layer opt for the suitable injection function of the location with the print head location on a base 15. The print head 20 moves in the inside of a field parallel to a base 15 until a layer is completed. If printing of the pattern of the 1st slice is completed, the spray machine 30 will carry out the spray of the uniform layer of the charge 35 of solubility supporting material

to the top face of the target side 50 (block 240).

[0061] Although loading of the following slice data is illustrated in front of the flattening phase in the processing flow chart, this has a flattening phase and desirably [can generate also after a flattening phase or] good coincidence. In fact, a microprocessor controller 90 may load the following slice data to the time amount of the arbitration at the time of a printing cycle, when the quickest.

[0062] When it is not the layer of the last which this should print (block 250), an ink feed zone is inspected again (block 170), and ink is added if needed (block 180). A base 15 is positioned, and while cutting equipment 60 has flattened the top face of the target side 50 (block 210), the following slice data are loaded (block 190). Subsequently, a base 15 is dropped by 1 thickness (block 220), and the following layer is printed (blocks 230 and 240). When it is the layer of the last which this should print (block 250), it is removed from a vacuum fixture (block 260), water is dipped to a desirable solvent, and components disassemble solubility supporting material (block 270). This processing creates the completed three-dimension body (block 280).

[0063] In the example of the desirable processing by this invention, jet printing is carried out in a continuation layer, and a 140-degree F liquid wax (ingredient 25) forms a body pattern. Simultaneously, jet printing is carried out and an icy continuation layer (ingredient 35) forms a freezing mold in the surroundings of a body pattern. Subsequently the combination solid-state part of ingredients 25 and 35 is heated, fuses only die parts, and leaves the casting pattern in which high resolution recycle is possible. The combination of many other ingredients 25 and 35 is possible, and it is limited by only imagination of this contractor.

[0064] Drawing 5 illustrates the print head inspection blow-off part by the desirable example of this invention. The print head 20 drops to the format of a receipt and the short parallel lines 340 the medium fused through the medium feed pipe 310 for the drop 320 of said medium on a conveyor belt 330. As for the front face of a conveyor belt 330, being made from paper is desirable. A photo sensor 350 scans the parallel lines printed by the simultaneous operation of the jet 10 (it cannot see from a drawing) of all the printed elements of the print head 20. A microprocessor answers the output of the photo sensor 350 which shows at least one unjust actuation printed element by separating the print head 20 from a conveyor belt 330 in order to complete blow-off wiping for emitting a foreign matter. Forcible feeding of the air is carried out through the blow-off bulb monitor air pipe 360 to the print head 20. This discharges a foreign matter effectively from the unjust actuation printed element 10 of the print head 20. Subsequently, the print head is wiped off and rearranged on a conveyor belt 330. The print head 20 piles up the new medium drop 320 to up to a conveyor belt 330 in the form of the short concurrency line 340 again scanned by the photo sensor 350. This processing is repeated until all the printed elements 10 on the print head 20 function correctly. Although the test equipment using a photo sensor has been explained as a desirable thing, other various test equipment can think to this contractor.

[0065] Drawing 6 a- drawing 6 b illustrates the wave form chart reflecting the output of the photo sensor 350 by the desirable example of this invention. In these drawings, a square wave shows the jet number which is functioning to accuracy. The deficit of the square wave of one place shows unjust actuation jet. Drawing 6 a shows the output from the photo sensor 350 when all jet is functioning to a detail, and, on the other hand, drawing 6 b illustrates the wave which is in agreement with that in which two jet is carrying out unjust actuation.

[0066] Drawing 7 a- drawing 7 c illustrates drawing of the structure generated in each of the processing phase 230,240,210 for manufacture of the three-dimension body which should consist of low-melt point point ingredients like the wax by the desirable example of this invention of drawing 4 . Drawing 7 a shows the print head 20 which accumulates the drop 420 of a wax in order to form the wax layer 400 in the directions location on the water-soluble base 15 so that it may become settled with a microprocessor controller according to a CAD image. Said layer 400 forms a necessary three-dimension body, when a presentation is not started, but it is known as a forward ingredient and all the layers are completed.

[0067] The laminating wax layer 400 which the spray machine 30 carried out the spray of the drop 430 of the water-soluble die materials 440 by drawing 7 b, and was laid on the water-soluble base 410 is encapsulated. An ingredient 440 is not applied to the presentation, but is known as a negative ingredient, and if all layers are completed, it will form a mold. The negative ingredient 440 by which the description which has no choice but to be [of drawing 4] was looked at by drawing 7 R>7b, namely, the spray was carried out is random, and the spray particle is not turned to x or y specific points by computer.

[0068] In order to prepare the front face of future layers, a mill cutter or other cutting equipments 60 remove the part of the front thickness, and expose the forward ingredient 400. This phase defines the thickness of each class again, and compensates the distribution rate of a different ink jet. After processing all layers, the solvent which is not illustrating the negative ingredient 440 removes selectively, and it leaves the forward ingredient 400 which is a wax in this case.

[0069] As for a certain kind of ingredient, whenever [viscous] is too high for using for an ink jet mold device. However, these ingredients show endurance, an appearance, or a desirable property like whenever [water-soluble]. Although it is not the thing of the intention limited only as instantiation, the desirable activity of such a viscous ingredient contains the circuit assembly manufactured from an electrical conduction medium like a paste and epoxy.

[0070] In order to use the elevated-temperature melting point or a high viscosity ingredient, it is usable considering an atomization nozzle which is used for pictures, and an application-of-pressure gun as a substitute of the ink jet mold print head. Such a nozzle or a gun uses application-of-pressure transfer pipet, i.e., piston mold actuation, and various kinds of diameters of a nozzle are available.

[0071] Drawing 8 a- drawing 8 c illustrates drawing of the structure generated in each of the processing phase 230,240,210 for manufacture of the three-dimension body made from the elevated-temperature melting point or a high viscosity ingredient according to the desirable example of this invention of drawing 4 . Although such the elevated-temperature melting point or a high viscosity ingredient is not restrictive as one example with a metal, a ceramic, plastics, a paste, epoxy, etc., he should understand that the combination or alloy of said ingredient like tin and a lead alloy is also possible.

[0072] Drawing 8 a illustrates the ink jet print head which is carrying out the laminating of the drop 520 of a wax in order to form the wax layer 500 in the directions location on the base 15 which becomes settled with a microprocessor controller according to a CAD image. Said layer 500 does not start a presentation, but it is a negative ingredient, and if all layers are completed, it will form a mold or a supporter.

[0073] A spray machine nozzle or a gun 30 carries out the spray of the globule 530 of the elevated-temperature melting point or the high viscosity material 540 to the charge 500 of supporting material to up to the pattern cavernous section in it by drawing 8 b . An ingredient 540 is not applied to a presentation, but is a forward ingredient, and if it is completed, it will form a necessary three-dimension body. The forward ingredient 540 which the description which has no choice but to be [of drawing 4] was looked at by drawing 8 b , namely, carried out the spray is random, and the spray particle is not turned to x or y specific points by computer.

[0074] In order to prepare the field of future layers, a mill cutter or other equipments remove a part of front thickness, and expose a forward ingredient. Drawing 8 c illustrates the cutter 60 to which the forward ingredient 540 is flattened and the laminating wax layer 500 is exposed. Each class is ground by the predetermined thickness which compensates whenever [distribution / of a different nozzle]. After processing all layers, the last volume object consists of high-melting or high viscous fluid with a mold of the low-temperature melting point. The negative ingredient 500 is selectively removed by the solvent or heat which is not illustrated, and leaves high-melting or the forward ingredient 540 of high viscosity.

[0075] If only an ink jet printer style is used for this method, there is not at the point of making it possible to make a body from the ingredient of many like the nylon which does not become possible, PVC, and the metal alloy which can mention some identifiers. [other] Furthermore, grinding the top face of the laminating section plays the role which releases the stress which makes components

produce distortion with other equipments. Moreover, in order to carry out the spray of a lot of ingredients at random, covering a broadband enough, the number of the required ink jet print heads decreases.

[0076] With reference to drawing 9 a and drawing 9 b, the structure of the unification print head 600 and actuation according to another example of this invention are explained to a detail here. The unification print head 600 contains equipment required to create thoroughly the layer of a body 55 which includes distribution of the body ingredient 25 and the charge 35 of supporting material, and flattening of the front face of each class with the single pass on a target side. This single pass processing carries out improvement in a rate of the manufacture process remarkably, and also decreases the complexity and cost of equipment which produce a three-dimension body according to this invention.

[0077] The unification print head 600 contains the adapter plate 604 with which each of components is attached by the relation which ****(ed). The print head 20 distributes the body ingredient 25 from the storage area 620 of the contiguity which answers the signal given to a plate 604 at a mounting eclipse and the connected electric wire 602. A nozzle 603 is made alternate arrangement like the diagonal line of the well-known approach of the ink jet print head so that it may illustrate to drawing 9 b. Since being separated and arranged to one side face (x directions) adjoins from the back (the direction of y) of the print head 20, and there, it is the distributor 30 which distributes supporting material 35 from 630. For example, a distributor 30 is back (side) to the 0.1 inches (0.254cm) order of each direction print head 20 of x and y. Considering that the unification print head 600 runs in the direction (it is shown in the shaft basis of drawing 9 a and drawing 9 b like) of +y, a distributor 30 is behind after the print head 20 by formation of a three-dimension body. The distributor 30 may distribute the charge 35 of supporting material to that the print head 20 progressed from the distributor 30, and has distributed the body ingredient 25 at the time of actuation, and coincidence in the delay location. Consequently, the layer of a mold accessory object is formed promptly, without needing the multiplex pass of each print head 20 and a distributor 30. In addition, above-mentioned U.S. Pat. No. 4,961,154 and the above-mentioned European Patent station disclosure 0th which need to carry a body among many processing parts in order to process a monolayer 322 The complexity of equipment is decreasing [of No. 257 / as opposed to / especially / the known equipment of a publication] greatly.

[0078] As an option, the parts of the place where anchoring and the print head 20 distribute the body ingredient 25 for the heater element or duct which gives heating gas (not shown) to an adapter plate 604, especially the target side of the location which should distribute the body ingredient 25 on the body ingredient 25 of a layer conventionally may be heated locally. what depends such local heating on any of heat conduction, the convection current, or radiation -- be -- it is desirable to improve adhesion of the body ingredient 25 which the upper part of a body ingredient was raised to sufficient temperature, considered as the softening condition, and was conventionally distributed to the current layer to the body ingredient 25 of a layer. Furthermore, this local heating makes possible conventionally the heat shrink of the body ingredient 25 of a layer, and is made to adjust it with the body ingredient 25 of a new distributor.

[0079] The unification print head 600 contains further the knife 608 for flattening a target side ahead [of the print head 20], when the unification print head 600 runs in the direction of y. It is desirable to flatten a target side behind a distributor 30 by possible single pass processing by the unification print head 600 but [not after distribution of supporting material 35] just before distribution of the body ingredient 25 and supporting material 35. It can have long time amount rather than it solidifies from the case where the knife 608 is arranged just behind the distributor 30, by flattening before the print head 20 before the body ingredient 25 and the charge 35 of supporting material flattening. Flattening of the ingredient hardened more nearly thoroughly generates a plane target side more, and removes the dirt of the supporting material 35 between the layers which the body ingredient 25 follows.

[0080] It is the vacuum picking-up hood 610 for removing the residue from flattening actuation of the knife 608 on a target side which encloses a knife 608, and a knife 608 is attached in the vacuum hood

610 through an adapter plate 606. The vacuum picking-up hood 610 exhausts the residue to the playback location distant from the processing region through the duct 612. Instead of the vacuum picking-up hood 610, in order to remove the residue from a target side, a brush or an air bleed may be established. The brush shielding 614 formed of **** or other suitable structures is formed in option, as shown in drawing 9 a, the residue which was not picked up with the vacuum hood 610 prevents affecting the selected position where the print head distributes the body ingredient 25, and the processor in the selected distribution location is protected from other contamination.

[0081] As illustrated to drawing 9 a, a knife 608 is not a single cutting edge but a cutting edge with a stage. It is thought that possibility of breaking an ingredient when having deleted the top face increases according to the ratio between the deleted thickness to the total thickness of a layer. Therefore, the single cutting edge of the single depth completely tends to break a front face, as expected especially by this approach, when fluctuation (*****) of the topography is 30% of order, comes out so and is considered to be a certain thing. As for the cutting edge with a stage of the knife 608 with which each has the depth of 0.001 inches (0.00254cm) order, according to this example of this invention, many shallow grinding phases are given continuously. An even field is established in the maximum base of the deepest cutting edge, and a target side is graduated further. Consequently, in order that the thickness of the ingredient removed by each increment cutting plane to thickness may decrease, a knife 608 decreases greatly possibility of breaking a target side.

[0082] Reference of drawing 10 illustrates knife 608' by another configuration. Knife 608' contains a single slanting cutting edge with not a multiplex stage but the flat surface of a trailing edge (when it sees in a cross section). As a result of this structure, increment migration of cutting-edge 608' of the direction of y produces clearance of the incremental quantity of a target side, and can avoid the crack of a target side.

[0083] According to another example of this invention, adapter plate 606' which attaches knife 608' is movable again under control of the solenoid 606 which answers the signal on an electric wire 618. This structure makes possible the selection control of knife 608' (or knife 608 with the stage where many are shallow to instead of), therefore flattening is performed only in a selected position. For example, in the location on the target side which distributes supporting material 35 to a degree, it is unnecessary in flattening because of the immateriality of the configuration of the objective supporting material 35 (this is removed anyway). The location of the target side which should distribute the body ingredient 25 to this and a contrast target must guarantee that flatten and the body ingredient 25 pastes up with the thing of a layer conventionally, and must give proper dimension control to objective formation. Movable knife 608' is controlled by the solenoid 616, therefore this contacts only in respect of the target of the location which should distribute the body ingredient 25, and as a result, the amount of grinding and the generated flattening residue decreases greatly, and its same is said of wear of **** 608'.

[0084] Reference of drawing 11 illustrates unification print head 600' by another configuration using another technique to flattening. According to this example, a roller 640 is attached after the print head 20 of unification print head 600', and a distributor 30, and graduates the front face of the distribution layer after distribution of supporting material 35. It is considered by graduating supporting material 35 in many cases for cold roll processing to be enough. Or although a roller 640 may be heated and proper smoothing of supporting material 35 may be guaranteed, it is desirable to give non-adhering coating like Teflon (TEFLON) on a roller 640 in this case. In addition, in order to promote adhesion of the next layer of the body ingredient 25 to a layer conventionally, it is good to give a notch or a coarse front face to a roller 640, and to leave a coarse appearance on a distribution layer.

[0085] If drawing 11 b is referred to here, 600'' of unification print heads by the configuration of further others is illustrated by the front view. 600'' of unification print heads contains the heat bar 642 attached after a distributor 30 in the height on a target side. The heat bar 642 is energized with the electric wire 644 of the example of a resistance element mold, is heated, makes supporting material 35 and the body material 25 re-flow, and creates the target side where the following layer is smooth.

[0086] As shown in drawing 10 a and drawing 10 b according to the property of the ingredient currently used, it is not behind, and either a roller 640 or the heat bar 642 may be installed before the print head 20.

[0087] Furthermore, without needing another flattening and another machining, in order to form the plane target side for the following layers, as an alternative, distributing the body ingredient 25 and supporting material 35 is also considered so that a plane top face can be obtained substantially. This is attained by the print head 20 and the same ink jet print head so that the amount of distributions of supporting material 35 may be controlled carefully. In this case, above-mentioned unification print head 600, 600' and 600'' of other equipments for flattening of a knife 608, a roller 640, the heat bar 642, or a target side are not included. This equipment may adjust similarly the volume of the body ingredient 25 which it is controllable, and the print head 20 also controls the volume of the supporting material 35 distributed by the distributor 30 so that it may have consistency with the thickness of the body ingredient 25 distributed by the print head 20, and is distributed in the real time by instead measuring the capacity of the supporting material 35 distributed in the real time. It goes across this measurement and control all over a layer, and they guarantee further the same smoothness of both body ingredient 25 and supporting material 35. The example of the real-time measurement technique considered to be effective by this approach includes optical measurement like an interferometer, mechanical measurement like a flattery brush, and other known film thickness measurement techniques.

[0088] Reference of drawing 12 illustrates the application of this invention which produces a multilayer printed circuit board in the cross section. In this example, the body ingredient 25 contains a dielectric material [like a polycarbonate plastic, polymer resin, or an electric insulating material with well-known others] whose supporting material 35 is including an electrical conduction ingredient like aluminum. According to this example of this invention, supporting material 35 is not removed at the time of completion of objective formation (this is a printed circuit board), but remains as an one part of the body formed instead. As an option, instead of the supporting material 35 which remains in the location at the time of the manufacture, the location which the circuit plate chose receives the fusibility supporting material 35 removed after objective formation by the approach mentioned above, carries out it in this way, and also enables manufacture of the printed circuit board of a complicated configuration.

[0089] The unification print head 650 contains the print head 20 which distributes the conductive body ingredient 25, and the print head 670 which distributes the insulating supporting material 35 so that it may illustrate to drawing 12 . It is desirable for the print head 670 to distribute supporting material 35 with high degree of accuracy relatively as contrasted with the distributor 30 of the print head 600 mentioned above. A fabrication of a printed circuit board advances like what was mentioned above including flattening of the top face of each class with a knife 660 (this is attached after the print head 20 in this example of this invention).

[0090] A printed circuit board is manufactured by the print head 20 which distributes the conductive body ingredient 25 to the location which should arrange a print electrical conduction line on each class at the time of actuation. With the same single pass, the print head 670 distributes the insulating supporting material 35 as it is required to be filled up with the remainder of a layer. Although it has an electrical conduction line, the layer of the printed circuit board of a between accepts the conductive body material 25 in the location which should arrange the vertical section through 25V in this example, the electrical conduction line of a different layer is connected, and the remainder of the layer containing the electrical conduction section by 25V receives supporting material 35.

[0091] Consequently, this invention enables formation of a printed circuit board by the approach for every layer, without needing the after-treatment phase of forming the hole which penetrates a plate and filling a hole with a pewter, as required for the conventional printed circuit board manufacture. Furthermore, this invention enables a fabrication of the circuit plate of a complicated configuration more remarkable than an available thing with the conventional circuit plate. For example, this invention really which has a different number of thickness and an electrical conduction layer of locations enables

formation of a circuit plate. In addition, this invention enables formation of a circuit plate with a wall, and a thing including a wall including conductive shielding for radio frequency interference (RFI) is also considered. Buildup of the flexibility given by this invention enables formation of RFI shielding of different thickness in the location where printed circuit boards (and wall) differ according to the circuit which should be installed in a plate.

[0092] Reference of drawing 13 indicates the equipment constituted according to the example of further others of this invention. As for this invention, it is [like / it is ***** from the above explanation and] possible for a considerable large dimension, for example, a side face, to finish setting up the body of 1 foot (30cm) order. Thus, the weight of the formed body becomes a considerable large thing like 50pound (22.7kg) order combining supporting material. So, in order to reduce the efforts which carry a mold accessory object to the washing section, it is thought useful to offer the equipment which removes supporting material 35 from a body 55 on the manufacture approach and the spot.

[0093] Drawing 13 illustrates the example of the equipment which produces the body by this invention incorporating a scouring kler. A cabinet 675 has the unification print head 600 (or other print heads as occasion demands) near [for forming the body of the body ingredient 25 embedded at supporting material 35] the top face, and the top loading table 15, as mentioned above. A base 15 is attached in the upper part of the flexible actuator 680 controlled by the conventional motor (not shown) to drop a base 15 to the interior of a cabinet 675 in this example of this invention. A solvent prevents going into a cabinet 675 so that bellows (bellows) 682 may enclose and mention an actuator 680 later. A cabinet 675 gives to acceptance the inlet-port hose 685 which a solvent fluid opens for free passage with a pump 684, gives the outlet hose 686 and 687 to a filter 688, and interrupts them from the fluid which received the supporting material 35 in the tank 690 for reintroducing to a cabinet 675 with a pump 684 disassembled before storage from the cabinet 675.

[0094] In actuation, an actuator 680 drops a base 15 inside a cabinet 675 at the time of objective completion. Subsequently, a pump 684 is energized and the recirculation of a solvent style like the water used in order to disassemble supporting material 35 selectively to the body ingredient 25, or other suitable solvents is carried out through delivery, the output hose 686 and 687, a filter 689, and a tank 690 through the inlet-port hose 685 with a pump inside a cabinet 675. This solvent creates the body 55 which disassembled supporting material 35 and was formed from the body ingredient 25, an actuator 680 raises a base 15 to the top face of a cabinet 675 after this, and an operator is enabled to take out a body 55 without the excessive weight of supporting material 35 from here.

[0095] In addition, in order that the residue generated between flattening of a layer with the knife 608 mentioned above may disassemble the supporting material 35 flattened with the surrounding body ingredient 25, the sweep of it is only carried out by the unification print head 600 which is distant from the edge of a target side inside a cabinet 675.

[0096] This invention mentioned above is dramatically effective in following and producing the three-dimension body of a directly complicated configuration promptly from a CAD database. However, by producing a body according to another example of this invention later mentioned from now on about drawing 16 e from drawing 14 a, drawing 14 b, drawing 15 a, drawing 15 b, and drawing 16 a, the effectiveness which produces such a body was strengthened further and it was discovered that the life of a print head device is protracted fairly.

[0097] If drawing 14 a and drawing 14 b are referred to first, the body formed in the manufacture phase before disassembling supporting material 35 from the body ingredient 25 surrounded by supporting material 35 shall be illustrated in a cross section (y-z side), and shall be held on the object of this explanation in the range to x dimensions where this y-z cross section is sufficiently large. It is in ** that drawing of drawing 14 a to most bodies are formed from the solid-state block of the body ingredient 25. So, at the time of manufacture of this body, the print head 20 distributes the body ingredient 25 to high degree of accuracy to the volume section of most bodies containing an objective internal part, therefore that of manufacture of the body of drawing 14 a is dramatically late. Furthermore, the dependability of

an ink jet of it being the function of the time is well-known. Therefore, it is desirable to make into min time amount which an ink jet is using not only from the viewpoint of a manufacture throughput but from a viewpoint of the dependability of equipment.

[0098] It illustrates that drawing 14 b is formed from the shell of body ingredient 25' of thickness t in which it is the cross section of the same y - z side as what was shown in drawing 14 a, and the same body encloses restoration supporting-material 35' instead. The side attachment wall (namely, x -dimensional limitation) of the body of drawing 14 b also gives the wall of thickness t . It is insolubility at the solvent used in order that the body ingredient 25 may disassemble supporting material 35, and to restoration supporting-material 35', as long as it is impermeable both, as for disassembly of the supporting material 35 from the outside of shell 25', it leaves restoration supporting-material 35' as it is in shell 25'. The example of an ingredient useful although such a shell part is formed contains a water-soluble wax like polyethylene glycols, and a water-insoluble nature wax like [shell body ingredient 25'] beeswax or a car navarho in supporting material 35.

[0099] Although restoration supporting-material 35' is based on a spray nozzle or a distribution nozzle, the frequency of an activity of the ink jet print head for forming the body of drawing 14 b, since it is distributed in a precision fairly lower than the body ingredient 25 is decreasing dramatically like from what is required in order to form the body of drawing 14 a. As a result, the body of drawing 14 b also has little wear of the ink jet print head 20 used in order to be formed by time amount very fewer than the thing of drawing 14 a and to distribute the body ingredient 25.

[0100] So, the architect of the body formed can mount the shell design of the body of a solid by the original description of a design of a database by the skillful activity of the conventional computer-aided-design program. However, the computer control system of the equipment by this invention generates automatically a shell part as shown in drawing 14 b from the database of a solid part as desirably shown in drawing 14 a by thickness t specified by a user. The database which it is performed off-line before this conversion to shell from a solid object starts a manufacture process, therefore a manufacturing installation receives may perform conversion to shell from a solid object for every layer by the manufacturing installation itself to instead of with what is a shell database at the time of the manufacture for every objective layer. The approach to mention later for [including the desirable approach explained in relation to drawing 15 a and drawing 1515 b / said] conversion is suitable also for the activity under which environment.

[0101] According to the desirable method of performing said conversion, it is determined whether each voxel in the volume (volume element) is analyzed according to an individual to the voxel to surround, and is in thickness t specified by [that the voxel in question is not objective / some / of the voxel] a user. Reference of drawing 16 a illustrates that there is the voxel VOXEL in question at the core of Cube V that each dimension is die length of $2t$. Since it is such, only distance t has separated the voxel VOXEL in question from each side face of Cube V. In a certain case, the voxel VOXEL in question is distant from the objective edge in which only thickness t should be formed at least by determining whether this approach is that in which the voxel VOXEL in question and each voxel which encloses this in Cube V form the body ingredient 25 in the relation which changes the body of a solid into a shell body in the air, and coming out so, therefore it is formed not from the body ingredient 25 but from restoration supporting-material 35'. Thus, in order that carrying out the increment of the voxel in question through the volume of the body formed may form the body which has the wall which is not thinner than thickness t , it discriminates which a front forms from restoration supporting-material 35' among the voxel which should be formed from the body ingredient 25.

[0102] Although the analysis of the large volume by the "forcing" method of inspecting each voxel in the cube V which encloses the voxel VOXEL in question is effective, it is dramatically troublesome. The aforementioned approach is [as opposed to / actually / the volume of n voxel] n^4 . The order of an inquiry is needed and chain calculation time amount is needed dramatically. The approach of illustrating to the flow chart of drawing 15 a and drawing 15 b performs remarkably data conversion from a solid

object to a shell body in between for a while by analyzing only the front face of Cube V by the approach of mentioning later. This approach is suitable for the operation in a present-day personal computer workstation or other data processors of the same count force, and since this further usual contractor performs this approach based on the following explanation, he can consider that it is easily programmable in the aforementioned computer.

[0103] This approach is explained below to the slice of the body volume in the x-y side suitable for using by real-time conversion at the time of the formation for every objective layer. Or as mentioned above, when conversion is performed off-line before body manufacture, this processing is performed in increment to a series of z-dimensional layers. Furthermore, the database which transform processing of drawing 15 a and drawing 15 b operates consists of memory locations corresponding to the voxel of a three-dimension array each remembers "hollow" or the "solid" condition of directing whether receiving the body ingredient 25 respectively or receive the body ingredient 25 to be. According to this example of this invention, the 3rd condition "with a mark" which shows that it is the voxel which accepts restoration supporting-material 35' is used.

[0104] Transform processing by the example of this invention is started from processing 700, and x [greatest] and y are set up here to shell thickness t specified by a user, and the voxel under x-y slice of the body volume. By decision 701, it determines whether current y value of the voxel ("VOXEL") in question is located in shell thickness t from the inquiry and a maximum of y dimension ymax, and since it is one of whether come out so and it is in the shell of thickness t from whether this y-dimensional voxel is surely hollow and the hollow voxel in a certain case, transform processing is ended. When that is not right, x dimensions of VOXEL are doubled in between and decision 703 which looks at whether it is in shell thickness t of a maximum of x dimension xmax is performed. When VOXEL is in the distance t of xmax, and only 2 carries out the increment of the y value, new VOXEL is chosen and control is returned to decision 701. since that only 2 carries out the increment of x and y value of VOXEL carries out improvement in a rate of the transform processing greatly by decreasing a rice cake ***** VOXEL number in one half, in addition the situation of the hollow region of single voxel width of face which is not desirable is lost by carrying out the increment only of 2 -- such an increment approach -- ***** -- resolution is not lost.

[0105] When VOXEL is not in the shell thickness of Maximum xmax as for close, decision 705 which asks a solid body database and determines whether VOXEL is a solid is performed. When it is not a solid, by carrying out the increment only of 2 to x dimensions, new VOXEL is chosen and control is returned to decision 703. When VOXEL is a solid, this serves as a candidate (namely, location in which restoration supporting-material 35' is accepted) who changes into VOXEL in the air, and processing is continued to decision 707.

[0106] According to this example of this invention mentioned above, it determines whether to ask the front face of Cube V and mark VOXEL. However, decision 707 starts the routine which decreases the analysis of the front face of Cube V based on an old result. It sees whether it has become "with the mark" so that the voxel in front of the same y dimension as VOXEL may be asked and it may fill up with decision 707 with restoration supporting material. When that is right, the voxel of t distance at least is already asked in the -x direction from VOXEL, restoration supporting-material 35' is filled up, and the need of asking in the -x direction repeatedly is removed. Subsequently, it is determined whether x scan pointers are set by processing 708, only the front face of the cube V of +x direction is asked from VOXEL, and VOXEL can be marked (that is, a part of front face of Cube V is larger than t, or it has equal x). ***** illustrated by drawing 16 b illustrates the part which should be analyzed when the result of the decision 707 containing ***** of the internal side of the cube V along the x=t side instead of the outside surface of the cube V along the flat surface of x=0 is forward.

[0107] If it returns to drawing 15 a, although it is the x same dimensions as VOXEL, the voxel of front y scanning line will be asked, and the judgment 709 which determines whether it was marked so that it might become hollow will be performed. Since it has found out that the voxel before pre-analysis is y

dimensions was marked on insurance when that is right, it is not necessary to analyze the part of the front face of the cube V with y dimensions smaller than VOXEL, it sets y scan pointer, and scans only the front of the direction of y from VOXEL (processing 710). Drawing 16 c illustrates with a shadow the part of the front face which should be analyzed when the result of decision 709 is forward (that is, y is larger than VOXEL or equal). The internal side (the field of $y=t$ was met) of Cube V is also taken into consideration instead of a $y=0$ side.

[0108] Subsequently, decision 711 which determines whether it was marked so that the voxel directly under VOXEL at z dimensions might be asked and it might become hollow is performed. When that is right, like x and y dimensions, z scan pointer is set by processing 712, only front is scanned by z dimensions, it is larger than the thing of VOXEL, or the part of the front face of the cube V which has equal z value is analyzed. ***** of drawing 16 d illustrates the part of the front face of the cube V which should be analyzed in this case.

[0109] It should be cautious of the combination of a forward result of the arbitration in which all include the combination of a forward result from the combination which the result of what positive value does not have, either being returned from decision 707, 709, and 711. When all three voxel that adjoins VOXEL directly by x, y, and all z-dimensional three dimensions is marked with hollow, it is necessary to analyze only the location where all the x, y, and z-dimensional three dimensions are larger than the part of the front face of the cube V shown in drawing 16 e, i.e., VOXEL. The inner surface of the cube V along $x=t$, $y=t$, and a $z=t$ side is also included in analysis. As a result, this part of this approach can decrease dramatically the amount of analysis required to determine whether VOXEL "can be marked."

[0110] If drawing 15 b is referred to, the range of the front face of the cube V which should be scanned is once determined, and analysis can be started. Processing 714 sets z value to $2t$ corresponding to the top face of Cube V. Subsequently, decision 715 is asked to x of the beginning on top, and the voxel of y location (it is dependent on the result of decision 707 and 709), and determines whether to be a solid or not. When that is not right, it means that this voxel on top is the outside of a body region, VOXEL is less than thickness t of the rim of the body surely formed, processing is ended by VOXEL, and new VOXEL is asked after carrying out the increment of the x values by processing 706. When this voxel on top is a solid, processing 716 to which the increment of x and the y value is carried out by $z=2t$ page up (a x axis is a fast axis in this case) is performed. It determines whether the field completed decision 717, and when that is not right, control is returned to decision 715 and the following voxel is analyzed.

[0111] When the voxel on top ($z=2t$) is not hollow, a base is analyzed by setting z to the low threshold value (it responding to the result of the decision 711 mentioned above, and they being either o or t) by processing 718. Decision 719 analyzes the condition of each voxel along this base to the range analyzed by the result of decision 707 and 709, and determines the time of base analysis being completed by decision 721. Thus, when one of the voxel of the analyzed base is hollow, since this is not made with hollow, processing is ended by VOXEL, and the increment of the voxel in question is performed by processing 706.

[0112] (If it assumes that the hollow voxel was not found out), control will set x of the surface voxel which should be analyzed to the lower limit which found out processing 722 by decision 707, 709, and 711 over the time of completion at the bottom, y, and z dimension to processing 722, and will start the analysis of the side face of Cube V with current z value. Decision 723 passes control to the processing 736 which determines whether z value of the surface voxel has arrived at the place (top face of Cube V) exceeding $2t$, and mentions it later in that case. When that is not right, next, decision 725 shows that the scanning line is completed so that y value of the surface voxel which should be analyzed may determine whether be over $2t$ and may carry out the increment of the z value by processing 724 in that case, and control is passed to decision 723. When decision 725 shows that y value of the surface voxel does not exceed $2t$, a surface voxel y dimension is inspected and decision 727 which determines whether to have ridden on one of the front faces of a x-z side (namely, $y=2t$ or a y= low limitation) is performed. In that case, the surface voxel which performed decision 709 and met the x-z side is

analyzed, and the increment of the x values is carried out by processing 730 until a x-z side is completed to current z value so that it may be determined by decision 731. When it turns out that a rice cake theory or the surface voxel is hollow, hollow of VOXEL is impossible for a mark and the next VOXEL is chosen (processing 706). At the time of completion of the x dimension lines of a x-z side, only 1 carries out the increment of the y value of the surface voxel which should be analyzed by processing 732, and y value is inspected by decision 725 and 727 as well as a front.

[0113] By the decision 727 which determines that there is nothing to one side of the x-z side which y value of the surface voxel which should be analyzed should ask, only x limitations (x dimension low scan limit and $x = 2t$) are inspected by processing 734. When the next y dimension-line limitation is inspected again and exceeds until the increment of the y value is carried out again (processing 723), it is inspected (decision 725 and 727) and y passes $2t$ limitation, when both voxel is solids, the increment of the z value is carried out (processing 724), and an approach is repeated.

[0114] Thus, each voxel of the side face (or responding to a case inner surface) of Cube V is analyzed for every z-dimensional slice until z value of the surface voxel arrives at the last limitation which is $2t$ of the top face of Cube V. Since the voxel which is not marked so that it may become a solid or hollow does not exist in distance t from VOXEL when all the voxel is not able to be found out in this analysis, either, as it is hollow, VOXEL is marked so that it may become hollow at the time of manufacture. Subsequently, processing 736 is performed, by this, it is marked so that the voxel of VOXEL and its perimeter may serve as hollow at the time of manufacture, and restoration supporting-material 35' is accepted here.

[0115] As a result of this approach of drawing 15 a and drawing 15 b, the database of the volume in the body which should be formed is automatically changed into a shell body from a solid body, and may use restoration supporting-material 35' for an objective internal part. Thus, this approach improves greatly the rate which improves the life of the ink jet print head used in order to distribute the body ingredient 25, and produces a body.

[0116] The cutback of the amount of the ingredient used in order to form components with the further improvement of the rate which forms the body by this invention is obtained also by restricting distribution of supporting material 35 again. Especially the location of the body which does not distribute the body ingredient 25 on it does not need existence of supporting material 35. Reference of drawing 17 a to drawing 17 d explains below the processing which limits distribution of supporting material 35 only to a location required to support the body ingredient 25.

[0117] Drawing 17 a illustrates the cross section along the y-z side of the body ingredient 25 and the body containing supporting material 35. Overhang partial 25OH of the body ingredient 25 has a dimension smaller (to z dimensions) than an overhang and the objective remaining part from drawing 17 a to the method of outside in the direction of +y like [it is ***** and]. According to another example of this invention, when a body is formed without consideration of whether the body ingredient 25 exists on it, it exists, but the field 355 on overhang section 25OH does not contain supporting material 35 in this case.

[0118] The sectional view of drawing 17 b to drawing 17 d taken along the x-y side of the body of drawing 17 a illustrates this example of this invention. This approach of the analysis of the body which should be formed is performed with the conventional personal computer workstation or the data processor of the same count power. Furthermore, with reference to explanation of the conventional computer-aided-design software and a combination lever, this usual contractor is considered that it can perform this example of this invention easily.

[0119] This layer in which drawing 17 b illustrates the top view of the body currently formed in the lower layer relatively under the altitude (the direction of z) of overhang section 25OH is formed by the approach mentioned above before the layer containing overhang section 25OH. According to this example of this invention, the computer workstation which controls manufacture processing analyzes the shadow projection section of body ingredient 25 parts of the present layer (shown by the body

ingredient 25 by drawing 17 b) currently manufactured, and all the layers that have not been manufactured yet. As a result, even if this objective layer does not contain overhang section 25OH, shadow partial 25S appear corresponding to overhang section 25OH. Supporting material is given so that it may illustrate to drawing 17 b to this layer as a result, and the amount of a supporting material required to support overhang section 25OH is included.

[0120] As mentioned above, the manufacture approach progresses in the direction of +z, and continues for every layer. In this way, the body ingredient 25 is distributed so that it may illustrate to drawing 17 c with the supporting material 35 for which drawing 17 c illustrates the layer of the body currently formed in the height of overhang section 25OH in a flat surface and to surround. In addition, in this example, since an objective higher layer does not contain the body ingredient 25 of the outside of the boundary shown in drawing 17 c, a shadow part is not projected in this analysis.

[0121] Drawing 17 d illustrates the layer above the height of overhang section 25OH, and projects drawing of the shadow parts of the layer and all the layers above it again. Since overhang section 25OH is completely [level / this] the bottom as shown in drawing 17 d, the shadow part or the actual lobe of overhang section 25OH does not exist. In addition, on the field 355 of drawing 17 d, it is unnecessary in the body ingredient 25, therefore a distributor 30 is controlled so that supporting material 35 is not distributed to a field 355. Thus, this volume of supporting material 35 is saved as well as a solvent required to cope with it, in case the formed body is disassembled, and other processings.

[0122] The equipment by this invention, an approach, and the simplicity of processing offer many advantages. The print head can be constituted in some scan methods which it is small, are cheap and contain a vector and a raster. A injection hole is small and makes a high resolution possible dramatically. Furthermore, to bottom volume distribution, a large hole or a injection array is available with distribution of a high viscosity ingredient. In addition, the equipment by this invention, an approach, and processing can suit various kinds of work environments and applications of the range from a cast place or a machine shop to small desk equipment. Since a medium can be printed to every field, it can include an automatic conveyer and an ingredient processor. This makes possible the early continuous throughput from many sources of data. This contains many computer generating images on at least one computer by which a prototype is promptly carried out with one or more equipments assembled according to instruction of this invention.

[0123] Some of many bodies in which it is produced with this technique and deals contain a prototype, a casting pattern, a mold, sculpture, and a structural part. This list is not perfect at all and it becomes clear to whether you are Sumiya that many of other usages of this invention invent to this contractor at this contractor.

[0124] The various examples of this invention should use hardware, software, or the microcode-sized firmware, or he should understand carrying out. Processing drawing expresses the flow chart of the example based on microcode-izing and software again. Furthermore, although the specific example of this invention has been illustrated and explained, various kinds of modification and another example are invented to this contractor. Therefore, this invention is the thing of the intention limited only about an attached claim.

[0125] The following terms are further indicated about the above explanation.

(1) The base which supports a target side in the equipment which produces a three-dimension body, The 1st jet which forms a layer on said target side, is the movable unification print head and distributes the 1st ingredient to the selected position of said target side controllable to said base, In order to distribute the 2nd ingredient to said 1st jet and coincidence in other locations of said target side, Equipment which produces the three-dimension body containing said unification print head which contains a mounting beam distributor in said print head by the relation which was overdue and ****(ed) to said 1st jet to said base in the migration direction of said unification print head.

[0126] (2) It is equipment which contains further the equipment for flattening the layer formed by said 1st jet and said distributor in order that said unification print head may form a plane target side

substantially in equipment given in the 1st term on the top face of said layer.

[0127] (3) It is equipment which contains a mounting beam knife in said unification print head by the relation which ****(ed) said flattening equipment to said 1st jet and said distributor in equipment given in the 2nd term.

[0128] (4) It is equipment containing the equipment from which the residue with which said unification print head was further generated by said knife in equipment given in the 3rd term is removed.

[0129] (5) Equipment which contains further the equipment which makes said knife go up and down controllable to said layer in equipment given in the 3rd term.

[0130] (6) It is equipment attached in the location preceded in the migration direction of said unification print head [on equipment given in the 2nd term, and as opposed to said base in said knife] to said 1st jet.

[0131] (7) The shallowest part of said cutting cutting edge is equipment which leads the remainder of two or more of said cutting cutting edges in the transit direction including two or more cutting cutting edges of the depth from which said knife changes in equipment given in the 6th term.

[0132] (8) It is equipment containing the cutting cutting edge which inclined so that, as for said knife, the amount of the shallowest part might lead a part for the deepest part in the transit direction in equipment given in the 6th term.

[0133] (9) It is equipment which contains a mounting beam roller in the location which ****(ed) said flattening equipment to said 1st jet and said distributor in equipment given in the 2nd term.

[0134] (10) It is equipment with which said roller is heated in equipment given in the 9th term.

[0135] (11) It is equipment which contains a mounting beam heater in the relation which ****(ed) said flattening equipment to said 1st jet and said distributor in equipment given in the 2nd term.

[0136] (12) It is equipment with which said distributor contains the 2nd jet in equipment given in the 2nd term.

[0137] (13) The 1st jet with which it is the phase to which the unification print head is moved on a target side in the approach of producing a three-dimension body, and said unification print head distributes the 1st ingredient of a liquid to said target side controllable, Between said movement phase containing the distributor which distributes the 2nd ingredient of a mounting beam liquid to said print head by the relation which ****(ed) to said 1st jet, and said movement phase Are the phase which distributes said 1st ingredient to the selected position of said target side corresponding to an objective cross section controllable through said 1st jet, and said 1st ingredient between said distribution phase solidified after being distributed, and said distribution phase It is the phase where said 1st jet distributes said 2nd ingredient to other locations of said target side after the location which has distributed said 1st ingredient through said distributor. Solidify, after being distributed, and said 2nd ingredient completes a layer on said target side. How to produce a three-dimension body including the phase which forms the body which repeats said distribution phase which forms other target sides in the top face, said movement phase, said phase distributed controllable, and said distribution phase, and contains said 1st and 2nd ingredients.

[0138] (14) How to include further the phase which flattens said layer formed of said phase distributed controllable and distribution phase in an approach given in the 13th term, and forms a plane target side substantially.

[0139] (15) It is the approach performed between said movement phases by the relation which ****(ed) said flattening phase to said 1st jet and said distributor in the approach given in the 14th term.

[0140] (16) Said flattening phase is an approach performed in the location of said target side in front of the location where said 1st jet has distributed said 1st ingredient in an approach given in the 15th term.

[0141] (17) Said flattening phase is an approach performed in the location of said target side after the location where said distributor distributes said 2nd ingredient in an approach given in the 15th term.

[0142] (18) How to include further the phase which produces the body which removes said 2nd ingredient selectively to said 1st ingredient, and is formed from said 1st ingredient after said repetition

phase in an approach given in the 13th term.

[0143] (19) In the approach of producing a body from a computer database Said body is expressed in said database as two or more solid voxel enclosed by two or more support voxel in the volume. Said approach The phase of changing said database expression of said body as two or more solid voxel into the database expression of said body as shell of the solid voxel which encloses two or more restoration support voxel, The phase which constitutes said body from said changed database expression for every layer by the approach including the following phases is included. Said configuration approach Said distribution phase which it is the phase which distributes the 1st ingredient of a liquid configuration to the selected position of a target side, and said selected position is equivalent to the shell location of an objective cross section, and solidifies the 1st ingredient after distribution, The phase which impresses the 2nd ingredient to the location of said target sides other than the shell location which distributes said 1st ingredient, and forms other target sides in it, The phase which forms the body surrounded with said 2nd ingredient including the shell of said 1st ingredient which repeats said distribution and an impression phase and encloses said 2nd ingredient, How to produce a body from a computer database including the phase of leaving the body formed from the shell of said 1st ingredient which removes selectively the part of said 2nd ingredient which encloses said shell to said 1st ingredient, and encloses the part of said 2nd ingredient.

[0144] In an approach given in the 19th term (20) Said conversion phase The 1st voxel of the volume of a database expression of the body as two or more solid voxel is inspected. The phase of determining whether this is a solid or the support voxel, and said inspection phase of directing said 1st voxel being solid voxel are answered. The phase of determining whether inspect two or more voxel within a selected distance which encloses said 1st voxel, and said two or more voxel be solids respectively, or be the support voxel, The phase of inspecting said two or more voxel which directs said 1st voxel being solid voxel is answered. The phase of directing into a database said 1st voxel being restoration support voxel, Said impression phase is the approach of impressing said 2nd ingredient to the location corresponding to the voxel directed as restoration support voxel in said changed database, including the phase which repeats said inspection and a directions phase to two or more voxel with said database expression.

[0145] (21) the phase of defining the volume which encloses said 1st voxel with the distance which chose said phase of inspecting two or more voxel, in the approach given in the 20th term, and said defined voxel of the front face of the volume -- inspecting -- this -- a solid -- or an approach including the phase of determining whether to be the support voxel.

[0146] (22) In an approach given in the 21st term, the approach of inspecting two or more voxel The voxel which the 1st direction adjoins to said 1st voxel is inspected. The phase which whether this is the restoration support voxel determines, and said phase of inspecting the adjoining voxel which directs this being the restoration support voxel are answered. How to include further the phase of performing said phase of inspecting the surface voxel from said adjoining voxel of said 1st direction only to said 1st voxel and voxel of an opposite hand.

[0147] (23) Inspect said database expression in an approach given in the 19th term. The phase of obtaining projection of the shadow parts of the solid voxel of the 1st layer in the volume, and the solid voxel in the layer of the volume on the 1st layer, An approach including the phase where control said impression phase over said 1st layer, and said 2nd ingredient is not impressed to the location of the target side of the outside of shadow partial projection of the solid voxel to said 1st layer.

[0148] (24) The approach of computer control manufacture of a three-dimension body and processing distribute the layer of the 1st ingredient like the insoluble ingredient of a liquid to the predetermined location corresponding to an objective cross section on a base, and include the phase which this subsequently hardens. The insoluble medium by which that it is water solubility carried out the spray of the 2nd desirable medium, and it hardened it on this layer is encapsulated. The top face of this capsulation material is flattened with a mill cutter, a knife, a roller, or a heat bar if needed, for example, a part of capsulation material is removed, and a lower insoluble ingredient is exposed to new pattern

laminatings. Distribution and flattening of the 1st and 2nd ingredients may be performed with single pass by the unification print head. After removing the generated flattening residue, it distributes to the front face which flattened other layers of the insoluble medium of a liquid. This phase is repeated until the necessary three-dimension body enclosed by the mold is completed. At this event, or a body is heated, or is dipped in a solvent, it dissolves a mold and it leaves a three-dimension body as it is, the 2nd ingredient remains in that location and forms a composite construction like a printed circuit board. It changes into the thing showing the shell filled up with the CAD database showing the body of a solid, and the method of decreasing the amount of a necessary body ingredient is also indicated.

[0149] This application is a continuation at the partial target of the application sequence number No. 905,069 of the June 24, 1992 presentation which is the continuation of the application sequence number No. 648,081 of the abandoned January 31, 1991 presentation.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the perspective view of an instantiation three-dimension body by which was been drawing of the desirable example by this invention, and a was manufactured by the perspective view of the automation three-dimension body manufacture department, and b was manufactured by this invention.

[Drawing 2] It is other desirable examples of the quick prototyping equipment of drawing 1 a by this invention, and, for a front view and b, a plan and c are [a] a left side view.

[Drawing 3] The perspective view of the microprocessor by the desirable example of this invention, and a rinsing vat.

[Drawing 4] The processing flow chart illustrating the processing which manufactures the three-dimension body by the desirable example of this invention.

[Drawing 5] The perspective view of the print head inspection by the desirable example of this invention, and a defecation part.

[Drawing 6] At the wave form chart reflecting the detector output by the desirable example of this invention, a is normal actuation and b is the wave form chart of unjust actuation.

[Drawing 7] Drawing of the generation structure between the processing phases chosen for manufacture of the three-dimension body made from a low-melt point point ingredient according to the desirable example of this invention of drawing 4 . a is drawing where the distribution diagram of a body ingredient and b express the distribution diagram of the charge of supporting material, and c expresses flattening.

[Drawing 8] Drawing of the generation structure between the processing phases chosen for manufacture of the three-dimension body made from high-melting or the high viscosity ingredient by the desirable example of this invention of drawing 4 . a is drawing where the distribution diagram of the charge of

supporting material and b express the distribution diagram of a body ingredient, and c expresses flattening.

[Drawing 9] The unification distribution and the flattening head by another example of this invention. a is a front view and b is a top view.

[Drawing 10] The front view of the flattening cutting edge by another example of this invention.

[Drawing 11] The front view of another flattening components by another example of this invention. b is drawing where a contains a roller, and drawing containing a heat bar.

[Drawing 12] The unification distribution for producing the multilayer printed circuit board by another example of this invention, and the front view of a flattening head.

[Drawing 13] Drawing showing that the scouring kier is united with a body production workstation with the strabism sectional view of the equipment for producing the components by another example of this invention.

[Drawing 14] The sectional view of the example of the three-dimension body produced by another example of this invention. a is solid body drawing. b is shell body drawing.

[Drawing 15] The flow chart illustrating actuation of the another approach of producing the three-dimension body of drawing 14 a and drawing 14 b.

[Drawing 16] b to e is drawing in which illustrating the volume section which encloses the voxel currently analyzed by the approach of drawing 15 a and drawing 15 b, and showing the part into which a should analyze the relation between the voxel and Cube V according to decision.

[Drawing 17] In the sectional view of the body formed of another example of this invention, a to d is drawing showing each formation phase.

[Description of Notations]

10 Airline Printer

15 Base

20 Print Head

25 Body Ingredient

30 Nozzle or Gun

35 Charge of Supporting Material

45 Pointing Device

50 Target Side

55 Three-Dimension Body

60 Cutting Equipment

65 Vacuum Pump

70 Vacuum Fixture

90 Microcomputer Control Unit

95 Supporter Stripper

[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-40445

(43)公開日 平成7年(1995)2月10日

(51)Int.Cl. ⁶	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
B 2 9 C 67/00		2126-4F		
35/08		9156-4F		
G 0 3 F 7/00		7124-2H		
		9064-3H	G 0 5 B 19/ 403	C
		7623-5L	G 0 6 F 15/ 60	
審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 27 頁) 最終頁に続く				

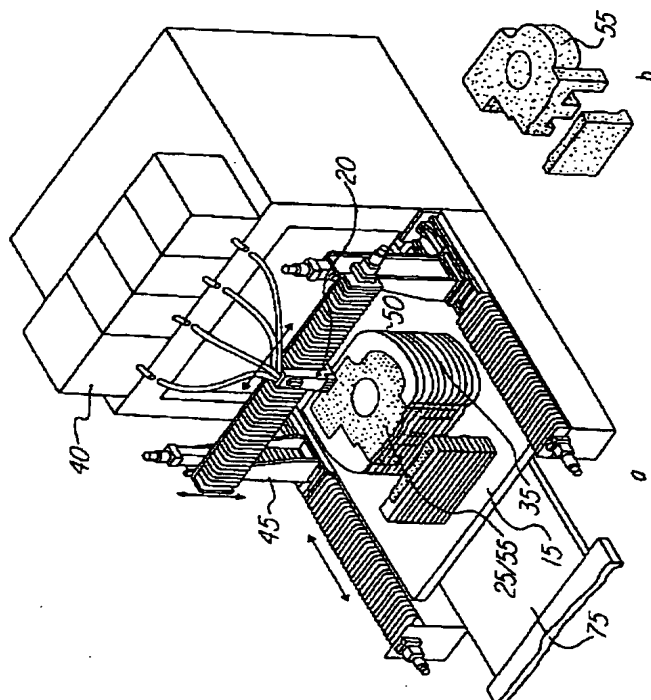
(21)出願番号	特願平5-190595	(71)出願人	590000879 テキサス インスツルメンツ インコーポ レイテッド アメリカ合衆国テキサス州ダラス, ノース セントラルエクスプレスウェイ 13500
(22)出願日	平成5年(1993)7月30日	(72)発明者	スチーブン エム. ベン アメリカ合衆国テキサス州プラノ, エンジ ェル ファイアー ドライブ 7312
(31)優先権主張番号	9 2 3 2 7 8	(72)発明者	デビッド エヌ. ジョーンズ アメリカ合衆国テキサス州ダラス, ウォー リング レーン 6964
(32)優先日	1992年7月31日	(74)代理人	弁理士 浅村 皓 (外3名)
(33)優先権主張国	米国 (U S)		
		最終頁に続く	

(54)【発明の名称】 コンピュータ・データから3次元物体のコンピュータ制御の製造を行う方法と装置

(57)【要約】

【目的】 コンピュータ・データから3次元物体を作製する方法と装置を提供する。

【構成】 3次元物体の断面に対応する所定位置へ物体材料を印刷ヘッドにより印刷し硬化させる。次いで支持材を物体材料の層上にスプレーしカプセル化する。この層の上面を必要に応じて平面化し、物体材料と支持材を平面状に露出させる。さらにこの層の上に次の物体材料の層が印刷され、型に囲まれた3次元物体が完成するまでこれを繰返す。完成後、支持材は溶媒により溶解されて3次元物体を残す。



(2)

【特許請求の範囲】

【請求項1】 3次元物体を作製する装置において、ターゲット面を支持する台と、前記ターゲット面上に層を形成し、前記台に対して可動である一体化印刷ヘッドであって、前記ターゲット面の選択位置に第1材料を制御可能に分配する第1のジェットと、前記第1ジェットと同時に前記ターゲット面の他の位置へ第2材料を分配するため、前記台に対して前記一体化ヘッドの移動方向に前記第1ジェットに対して遅れて隔置した関係で前記ヘッドに取付けた分配器と、を含む前記一体化印刷ヘッドと、を含む3次元物体を作製する装置。

【請求項2】 3次元物体を作製する方法において、ターゲット面上で一体化印刷ヘッドを移動させる段階であって、前記一体化ヘッドは前記ターゲット面に液体第1材料を制御可能に分配する第1ジェットと、前記第1ジェットに対して隔置した関係で前記印刷ヘッドに取付けた液体第2材料を分配する分配器とを含む、前記移動段階と、前記移動段階の間に、物体の断面に対応する前記ターゲット面の選択位置へ前記第1ジェットを介して前記第1材料を制御可能に分配する段階であって、前記第1材料は分配された後に固化する前記分配段階と、前記分配段階の間に、前記第1ジェットが前記第1材料を分配している位置の後の前記ターゲット面の他の位置へ前記分配器を介して前記第2材料を分配する段階であって、前記第2材料は分配された後に固化し、前記ターゲット面上に層を完成して、その上面に他のターゲット面を形成する前記分配段階と、前記移動段階と、前記制御可能に分配する段階と、前記分配段階とを繰返し、前記第1及び第2材料を含む本体を形成する段階と、を含む3次元物体を作製する方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 範囲を限定することなく、本発明は迅速なプロトタイピングに関係し、特に多数の媒体と選択的な材料除去のコンピュータ制御による分配を用いてコンピュータ・データから3次元物体を製造する装置、方法、処理に係る。

【0002】

【従来の技術】 複雑な設計は、迅速なプロトタイピング製造の必要性を増加させ、直ちにフィードバックする必要が生じ、モデル工場又は機械工場が最小のセットアップと実行時間で小量の複雑な部品を製造することが要求される。多くの製造方法はしかしながら遅く、複雑で高価である。

【0003】 手動の機械加工や成形方法は簡単な設計にはしばしば安価で有効であるが、複雑な部品や組立体に要する繰返しにはコストが非常に高いものとなる。コ

2

ンピュータ数値制御(CNC)機は複雑な製造を自動化するため広く用いられているが、多くのものの中の1個の製作のためにだけに操作、保守、プログラムするにはコストがかかる。

【0004】 迅速なプロトタイピングの分野で最も広く知られている装置はステレオリソグラフィー(Stereolithography)である。この装置は、コンピュータ制御の鏡の組を用いて桶に入れた液体光ポリマの選択2次元域上をレーザー光線で走査し、これにより固体ポリマの層を形成することによりコンピュータ・データから複雑な部品を製造する。台に取付けてある固化層は桶中に降下して、新たな層が前の層の上面に生成されて3次元部品を形成する。

【0005】 部品が完成すると、過剰な樹脂が溶媒により除去され、所要の対象物から台取付具と共に全ての張出し支持部が切取られる。内にとらえた液体を固体化するためさらに露光が必要である。

【0006】 ステレオリソグラフィー及び同様の方法に対する主要な欠点は物体を台に結合するため、又張出し部、大スパン部又は分離域を取付けるため、支持構造を設計しなければならない点である。CADモデルへのこれらの構造体の追加や以後の洗浄時の部品からの手動除去は労力がかかり、又しばしば特殊な技巧を必要とする。

【0007】 他の欠点は、レーザー又は樹脂の使用に要する余分な場所的かつ環境安全性尺度である。この過程と清浄化で用いる化学剤は操作員と作業場所を保護するため特別な取扱い、換気、及び貯蔵を必要とする。樹脂の除去と清浄化には大容量の廃棄物が発生する。光ポリマは高価でリサイクル不能である。この全ては一般的な作業場所又はオフィスでの設備での作業を大きさと環境的な理由から不可能なものとしている。さらに、レーザー及び光学系の微妙な性質のため、設置と較正は非常に困難である。装置の複雑さとレーザーのコストのため、保守は高価である。

【0008】 他のリソグラフィー製造方法は選択的レーザー焼結法である。この方法は加熱レーザーを用いて、ワックス、プラスチック又は金属のような粉末材料の選択域を溶融(焼結)する。実際には、粉末の入った桶をレーザーにより走査し、これにより個々の粒子を溶かし、隣接する粒子に接合する。光ポリマ・リソグラフィーと同じく溶融粉末の層は順次処理される。焼結法の利点は、非加熱粉末が形成されている部品の支持部としての役割を果たす点である。このことは、非加熱粉末は対象物から振り払われる又は払われることを意味する。

【0009】 しかしながら、選択レーザー焼結法は又複雑で高価な光学系である。最終部品の分解能は光線直径、標準的には0.01" - 0.02" (0.0254 - 0.0508 cm) に制限される。さらに、余分な段階として、粉末を重ねて回転ブラシにより水準合せをし

(3)

3

なければならず、これは又他の電子機械部品を必要とする。不幸にも、回転ブラシによる微細粉末の水準合せはしばしば不均質な詰め込み密度を生じる。加えて、粉末のコストは液体光ポリマ装置より小さい（材料及び労力）が、30ミクロン層を準備することは困難である。この粉末から組立てた物体は中間的な分解能で、一様でない表面を有し、又しばしば不均質な構造を有する。

【0010】マサチューセッツ工科大学で3次元印刷による製造の研究が行なわれた。この研究では、桶又は皿上に幅広のフィーダを用いてセラミック粉末を積む。粉末の選択域上にシリカの結合剤を印刷して固体の断面を形成する。この過程を繰返して最終的な物体を表わす断面の積重ねを形成する。

【0011】この方法は選択レーザー焼結法と同じ粉末積重ね問題を示すと共に、内部空洞から未固着粉末を除去する別の困難も示す。さらに、この装置により作成された物体はリサイクル不能である。MITの研究はセラミックの型の製作へ向けられている。金属又は他の材料が型へ注入又は流し込まれ、この型は後に鑄造部品から取こわされる。不幸にも、最終部品を定める型の内部空洞は容易に検査できず、このことは正確な部品を得るために高価な試行と誤りの過程を必要とする。

【0012】従来の技術に見出される別の問題点は、所要物体の製造時にさまざまな表面色を与えること又は1材料媒体以上のものを使用することが不可能な点、張出し部、大スパン部又は分離域の媒体支持部を自動的に除去することが不可能な点、3次元コンピュータ設計及び画像を物理的に再生する自動化装置を提供することが不可能な点である。現在利用可能な装置は高価であり、使用している媒体はリサイクル不能であり、コンベヤ台ではなく容器を必要とする大量の粉末と樹脂の使用のため、製造後の自動化部品処理を行うことができない。従って、これらの問題の内のどれか、又は全てを克服する改良が現在必要とされている。

【0013】さらなる背景として、マスターズに1987年5月12日出された米国特許第4,665,492号は3次元物体を製造するコンピュータ自動化処理と装置を記述している。開示の方法は起点となる種の使用を必要とし、これへ部品形成材の粒子が向けられ、粒子が接着して物体を形成する。このようなものであるため、開示の方法により形成される物体の形状の複雑度は限定されたものであり、起点となる種から単一的方法で形成しうる物体のみがこの方法により作製できるものと考えられる。

【0014】又さらなる背景として、1990年10月2日発行の米国特許第4,961,154号及び1989年6月6日公開のヨーロッパ特許局公開第0322257号は光ポリマの選択露光により3次元部品を作製する方法を開示している。これらの引例の各々は、光ポリマの層を与えて選択的に露光し、続いて露光層の現

4

像を行う方法と装置を開示する。これらの引例はさらに、非ポリマ化光ポリマを除去し、非ポリマ化光ポリマを除去した層の部分異なる支持材で充填し、その後同様の方法で次の物体層を形成することにより、各層中の非ポリマ化光ポリマを異なる支持材で置換えてもよいことを開示している。これらの引例で開示されている方法は光ポリマ処理に限定され、従って狭い組の材料のみから部品を作製するのに有用である。加えて、この方法により部品を作製する機械は、各層の処理時に非ポリマ化材料を除去し廃棄しなければならないことを考慮し、機械の各部から各部へ処理中の材料の運搬を必要とすることから、必然的に非常に複雑となる。

【0015】

【発明が解決しようとする課題】関連技術に付随する上記の問題を考え、本発明の目的は1材料媒体以上の及び／又は1表面色以上の物体を製造するコンピュータ支援製造装置と方法を提供することである。

【0016】本発明の他の目的は、製造後の自動化部品処理を含む、3次元コンピュータ設計及び画像を物理的に再現する自動化装置及び方法を提供することである。

【0017】本発明のさらに他の目的は、製造物体から張出し部、大スパン部、分離域等の媒体支持部を自動的に除去する装置と方法を提供することである。

【0018】本発明の別な目的は、リサイクル可能な媒体を用いて物体を製造する装置と方法を提供することである。

【0019】本発明の別な目的は、単一パスで部品層に必要な処理段階の各々を実行する一体化ヘッドを用いて、部品を製造するのに要する処理装置を簡単化した装置と方法を提供することである。

【0020】本発明の別な目的は、固体物体を指示するデータベースから充填シェルとしての物体を形成することにより3次元物体を作製する前記方法をさらに改良し、これを実行する装置の信頼性を改善することである。

【0021】本発明の別な目的は、次の物体層を支持するのに必要な製作中の物体の各面の位置でのみ材料を分配し処理する方法を提供することにより、3次元物体を作製する方法をさらに改良することである。

【0022】

【課題を解決するための手段】これらの及び他の目的は本発明の装置、方法、処理で達成される。望ましい実施例において、所要3次元物体のコンピュータ制御製造の方法と処理は、所定の位置で台上へ液体不溶性材料の層を分配する段階を含む。この液体媒体は一旦台に接触すると硬化する。この場合水溶性の台が望ましいが、本発明の要旨を犯すことなく台は永久的なものも可能である。

【0023】次いで水溶性媒体がスプレーされて、硬化した不溶性媒体をカプセル化する。この水溶性媒体も又

(4)

5

接触時に硬化する。このカプセル剤の最上面は平面で、従って水溶性カプセル剤の部分を除去し、下の不溶性材を新規パターン積層用に露出させる。前記平面化により生じた残部を除去し、液体不溶性媒体の次の層を平面化した表面上にさらに分配する。これらの2次元スプレー・パターンを連続的に印刷する又は「積重ね」て水溶性型により取囲まれた3次元物体を形成する。液体不溶性媒体層と水溶性カプセル層の分配とこれに続く平面化及び平面化残部の除去のこのサイクルは印刷サイクルとして知られ、3次元物体が完成するまで続行する。完成の時点で、物体は水に浸され、水溶性型を溶解し、3次元物体を残す。

【0024】他の望ましい実施例によると、コンピュータ・データから3次元物体を製造する装置は、所要の3次元物体に関する特定のデータを発生し記憶するために用いられる少くとも1個の物体走査及び画像取込装置を含む。このデータはマイクロプロセッサ制御装置へ送られ、このマイクロプロセッサは受信データを物理的に描写すべき3次元物体の連続断面へ処理する。

【0025】マイクロプロセッサ制御装置からの入力を基に、少くとも1個の分配装置がターゲット面上の所定域で少くとも1個の最低温熔融材をスプレーし、少くとも1個のノズルが水溶性材料をスプレーして最低温熔融材の層をカプセル化する。スプレー材料の正確な位置決めはCADシステムから受取ったパターンのみならず、マイクロプロセッサ制御装置から受取った命令によりターゲット面上で少くとも1個の分配装置、少くとも1個のノズルを移動させる1組の線形位置決め装置により決定される。

【0026】最低温熔融材の層が水溶性材料により一旦カプセル化されると、マイクロプロセッサ制御の切断装置がカプセル化材料を平面化して下の最低温熔融材を露出させ、その間マイクロプロセッサ制御の真空定着具が不要な平面化材料を除去する。全ての印刷サイクルが完了すると、完成した物体と型は水を用いた支持部除去装置へ浸され、これにより水溶性材料を溶解し3次元物体を残す。

【0027】本発明の装置と過程の主要な利点は、液体不溶材の選択域及び層内の選択地点さえも液体不溶材の残りの層とは異なって着色可能であり、これにより同一の製造物体内で全範囲の色と微妙な色の明暗から突然の変化までの全てを可能とする。この特徴によりいくつか名前を上げると、科学、医療、地理学的研究のような広範囲の使用に対して品質の良い詳細な可視化モデルを製造することを可能とする。さらに、1種以上の不溶性材料を使用することにより、変化する色合も同様に達成可能である。又ワックス、熱プラスチック等のような不溶性材料の賢明な選択及び型に対する水溶性媒体の使用により、型媒体と物体自体がリサイクル可能である。

【0028】本発明の他の実施例によると、ターゲット

6

面上のヘッドの単一パスで、従来の層が平面化され、部品層と支持材の両方が分配される単一の一体化ヘッドが設けられる。このような構造は部品又は物体のより速くより簡単な製作を可能とし、又前記部品及び物体を製作するより低いコストの装置を提供する。

【0029】本発明のさらに他の実施例によると、本装置は中実物体のコンピュータ・データベース表現をユーザー指定のシェル厚の中空物体の表現へ変換する機能を含む。この結果、部品を形成するのに要する部品材料の容積はシェルのみの容積に減少され、各層の多くが物体材料ではなく支持材から形成されることを可能とし、前記支持材はより精密でない方法で分配される。正確なインク・ジェット印刷ヘッドはこの方法により受ける摩耗が少くなり、装置の信頼性を改善する。

【0030】本発明のさらに他の実施例によると、本装置は処理すべき次の及び以後の層から、部品材料をその上に分配するかどうか、しない場合には前記位置への支持材の分配を中止する決定を行う機能を含む。さらに、この機能は次の部品層を分配すべき位置のターゲット面のみを平面化する機能を提供し、発生する残部の量と必要以上の処理の範囲を減少させる。

【0031】本発明のこれらの及び他の特徴と利点は、添附した図面と共に行われる望ましい実施例の以下の詳細な説明から当業者には明かとなる。

【0032】

【実施例】本発明は工具加工なしでCADモデルの正確な複製を製造し、又環境的に安全であるため通常の作業環境下で操作可能である。

【0033】本明細書でCAD画像を参照する個所では、他の物体走査及び画像取込装置からの画像も本発明を用いて縮尺合せして製造可能であることを理解すべきである。本発明の範囲を限定することなく、共通に使用される前記装置の例は、コンピュータ支援設計(CAD)、コンピュータ支援製造(CAM)、コンピュータ支援エンジニアリング(CAE)、コンピュータ・トモグラフィー(CT)、磁気共鳴投影(MRI)、陽子放射トモグラフィー(PET)、IRイメージャ、電子顕微鏡等を含む。このように、生物又は植物のモデルを含む数え切れない種類の物体やさらに天体も本発明により色で再現される物体となりうる。

【0034】図1aは本発明の望ましい実施例による自動3次元物体製造部の斜視図である。1個以上のマイクロプロセッサ制御の分配又は印刷装置10は、台15のような全体が平面状のターゲット面へ向けて小滴又は細い流れのどちらかで液体状態の最低温熔融材を送入する印刷ヘッド20を含む。台15は最初のそして以後の印刷及びスプレー動作の基礎としての役割を果たす。独立したコンピュータのアドレス可能な分配装置10は、溶けたワックス、プラスチック又は他の材料をスプレーするようにしたカラー・プロッタ又はインクジェットのペ

(5)

7

ージ・プリンタに用いるようなインクジェットが望ましい。印刷ヘッド20内の印刷装置10はマイクロプロセッサにより記憶されリレー操作される2次元データ・マップに従ってオンオフされる。

【0035】文脈中の「マイクロコンピュータ」は、マイクロコンピュータはメモリを必要とし「マイクロプロセッサ」は必要としないという意味で使用される。本明細書で使用されるように、これらの用語は又同意語でもあり、等価な物を参照する。「処理回路」という句はASIC（応用特定集積回路）、PAL（プログラマブル・アレイ論理）、PLA（プログラマブル論理アレイ）、デコーダ、メモリ、非ソフトウェアベースのプロセッサ、又は他の回路、又は任意アーキテクチャのマイクロプロセッサ及びマイクロコンピュータを含むデジタル・コンピュータ又はこれらの組合せと理解できる。発明の範囲を考慮すると包含の単語は又不完全な意味に解釈される。

【0036】射出型ツール（図示せず）は水溶性材から台を製造するために用いられる。型ツールは圧力又は真空口と共に型加工を加速する冷却／加熱機構を有する。加えて、型ツール空洞部は所要物体の形状に応じて可変断面厚である。セラミック又は特殊プラスチックのような他の不溶性材料又は金属から作られた台は、洗浄フェーズで溶媒に露される区域を減少させるため水溶性材の台より望ましくない。

【0037】図1aに戻ると、1つ以上の材料25が熱又は他の処理により液体状態へ変換され、印刷ヘッド20により射出されて台15上に当り、ここで材料25は迅速に接着し、可変断面の2次元パターン層を作成する。互いの上面に連続的に形成された前記数層は積層部として知られている。マイクロプロセッサ命令により重ねられた材料25、35の層の積層を含む物体55は図1aで可視的な層として固化されているが、これは厳密には説明用で単純化のためのものであることを理解すべきである。実際には、前記層は厚さ.005インチ

(0.0127cm)であり、肉眼では現実には検出不能である。

【0038】1個以上の加熱ノズル又はガン30（図2a-図2cの実施例でより良く見える）が望ましくは水溶性材料35のランダムなコーティングを吹つけ、これにより前に印刷したランダムでない不溶性パターンをカプセル化する。図2a-図2cに関連してより詳細に説明する材料収容配送装置40は本発明に従って積重ねられる各材料25、35の容器を与える。水溶性材35の分配用に加熱ノズル又はガン30を用いることにより、印刷ヘッド20の寿命は、これが水溶性材料には利用されないため延びる。加えて、特定のx、y点へスプレー粒子を向けるために詳細な命令を必要としないランダム・スプレー装置30の使用により、コンピュータ・データ容量と処理の相当な減少が実現される。

8

【0039】水溶性材料35は室温では固体で、一般的な描画型装置と適合する溶融粘度を示し、積層硬化後は良好な加工特性を有することが望ましい。材料35は加工中必要の不溶性3次元物体を支持しカプセル化する。図1bからわかるように、材料35の水分散特性は、任意材料25から構成された非常にきれいな3次元物体55が水の容器へ浸した後に残ることを保証する。

【0040】水溶性材料は、粉末（粗い薄片面を残しやす）又はUV硬化樹脂（切断工具又はサンダーにより手動で除去しなければならない）のような前述の他の装置に用いられる支持材料より望ましい。粉末支持方法は又物体のゆがみに対して適切な保持力を与えられない。水溶性又は少くとも低温融点材の使用は、他の材料積層装置と異なり本発明の使用が片持ちばり、又は天井又は壁部からの張出し物体、さらに又一例として限定的でなく、びん中の船のように複雑で込み入った物のような複雑な特徴を作製することを可能とする。加えて、水溶性材料は非常に安価であり、印刷ヘッド20により印刷する必要は必ずしもなく、ノズル30で迅速かつ安価にスプレー可能である。

【0041】型として水溶性材料を使用することは全体的に望ましいことであるが、材料35は熱に露することにより除去される低融点材やアルコールに浸した時に溶けるアルコール溶融材も可能であることを理解すべきである。一般に、物体に影響を与えることなく型を除去するためには型と物体の相異なる性質を利用する。このように、最終の層を印刷して、支持部を溶解又は分解し、図1bに例が見られるような3次元物体を残す。これらの材料は水溶性材料ほど望ましいものではないが、他の材料積層装置と関連して上述した支持材に望ましいもので、これらの使用は本発明の範囲内に該当する。

【0042】直交座標系のx、y、z軸（図1aにはこのように名付けされている）に沿って配置した位置決め装置45はコンピュータ命令により印刷ヘッド20及び／又はターゲット面50を移動させる。ターゲット面50は最初の積層には台15であり、又以後の積層には前の積層部である。特に、位置決め装置45はターゲット面50を水平に（Y）又は垂直に（Z）移動させることにより、又印刷ヘッド20をターゲット面50を横断して水平に（X）移動させることにより任意の3次元物体を完全に定義できることが望ましい。位置決め装置45はターゲット面50、スプレー器30、印刷ヘッド20を移動させるため円形モータ48を使用している。リニア・モータのような他のモータを円形モータ48の代りに使用可能であることに注意すべきである。

【0043】位置決め装置45は体積測定用の位置決め装置、又は線形位置決め装置と協動する平面位置決め装置、又は3個の線形位置決め装置等であり、このような詳細は本発明の範囲を決して限定するものではないことを理解すべきである。

(6)

9

【0044】図2a-図2cは本発明による図1aの迅速プロトタイピング装置の他の望ましい実施例の前面図、上面図、左側面図である。図1aの実施例に関連して上述したものに対応する図2a-図2cに示す要素の説明は本明細書中に含まれている。図1aと図2a-2cを比較することにより理解できるように、本発明による装置の要素の特定の位置は問題ではなく、例外として印刷ヘッド20とスプレー器30はターゲット面50に対して直角に材料を分配するよう配置されることが望ましい。

【0045】図2a-図2cに示すプロトタイピング装置は支持卓56上に載置してある。印刷ヘッド20、スプレー器30等が懸架するリントル支持部を強化するため片持ちばり支持部58は支持部62を強化する。

【0046】製造の垂直軸に沿って指定の間隔でターゲット面50の上面を平面化するよう配置されている1個以上の切断装置60（図2aで最も良く見られる）は水溶性カプセル剤35の一部を除去し、新たなパターン積層用に下の不溶性材料25を露出させる。切断装置60は又印刷ヘッド20上の多重印刷素子10間の流速差により生じる表面と高さ変動を補償する。切断装置60の平面化動作が材料25、35の冷却と縮小化により生じる応力を解放する役割を果たすため、物体の歪みも又減少される。

【0047】真空ヘッド及びポンプ装置65（図2cで最も良く見られる）は切断装置60の平面化動作の間に発生した残留物を除去する。残留物は廃棄又はさらなるリサイクル用にフィルタ付キャニスタで再生可能である。真空固定具70（図2aで最も良く見られる）は組立て台15を位置決め装置45へ保持し、台15への損傷又は変形の危険性なしに台15の簡単、迅速な取外しや取替えを可能とする。真空固定具70は、本発明による装置が任意の自動化物体搬入搬出コンベヤ又はラック75（図1aに図示）を設けることを可能とする。

【0048】図2aで破線で外形を示す作業容積部78は、印刷している間物体を配置する最大物体外形を示す。いくつかの材料組合せは室温以上（金属のように）又は室温より下（水のように）の環境温度での印刷を必要とするため、環境制御室は作業容積部78内に配置される。

【0049】図1aの材料収容分配装置40の一部である大容量容器80（図2cで最も良く見られる）は、溶融とろ過を行う対応する小さな加熱室84へ送り装置82により運搬され計量される処理材料25、35の乾燥した固体容積材を貯蔵する。送り装置82はオージェ又はネジ送り装置でもよいが、他の送り装置も可能で、モータ83により駆動される。次に溶融液体媒体は、液体媒体送り線路88から印刷ヘッド20又はスプレー・ガン30への分配の前に各々がポンプ等である圧力装置86により加圧される。液体媒体送り線路88は破断され

10

ているのが示されている、これは簡略化のためで、線路88の各々は圧力装置86から印刷ヘッド20又はスプレー器30のどちらかへ線路に応じて連続している。室84と印刷ヘッド20又はスプレー・ガン30との間の距離が相対的に長い場合は特に、場合に応じて印刷ヘッド20又はスプレー・ガン30へ到達する前に媒体がその液体相にとどまることを保証するため、媒体送り線路88を加熱することが望ましい。

【0050】このように、形状作成に加えて、本発明による装置は高分解能力カラー機能により物体を製造することを他になく可能とする。この他にない特徴の受益者は医療、地理学、建築、工学分野と共に芸術、天文学及び他の多くの訓練を含む。材料25は異なる材料色又は色の組合せと共に異なる材料組成のものでもよい。所要レベルの視覚的現実感を達成するため、シアン、マゼンタ、黄、黒、白の色群が望ましい、なぜなら全色帯域中の任意の中間色が材料の重ね合せ又はディザリングにより得られるからである。

【0051】図3は本発明の望ましい実施例によるマイクロプロセッサ及び支持部除去装置の斜視図である。マイクロプロセッサ制御装置90と支持部除去装置が作業部に図示されている。図示していないが、前記制御及び支持部除去装置は異なって配置でき、図1a又は図2a-図2cに図示した装置と物理的に組合せて完全自動化の迅速プロトタイピング装置を提供できる。

【0052】CADシステムを用いて、所要の3次元物理物体をシミュレートする寸法、色又は他の所要特性を含む固有のデータを発生し記憶する。このデータはマイクロプロセッサ制御装置90へ送られ、記憶され、処理される。マイクロプロセッサ制御装置90はマイクロプロセッサ命令と共に画像処理及びデータ変換コードを含み、入力データを物理的に描画されている3次元物体の連続断面へ処理する。

【0053】所要の3次元物体のコンピュータ制御の製造用の装置、方法、処理は、液体材料25、35の層を所定位置でターゲット面上へ分配する段階を含む。これらの所定位置はCADシステム中のコンピュータ画像ファイルから受取った処理済スライスデータを基にマイクロコンピュータ制御装置90により設定される。マイクロプロセッサ制御装置90は又装置、方法、処理操作の順序とタイミングと共に材料運搬、帰還センサ及び装置処理用の電子機械要素を制御する。

【0054】マイクロプロセッサ制御装置90はこれらの機能を別個の装置により実行するのではなく、CADシステム又は他の所要の物体走査及び画像取り込み装置を取込み可能であることを理解すべきである。

【0055】支持部除去装置95は、大量の溶媒及び溶媒が作用する物体55を完全に収める十分な寸法の洗浄バット96から構成される。循環ポンプ又はかくはん器98が一体化されて分解過程を加速し残留物を運び去

(7)

11

る。除去すべき型材料35が水溶性の時には溶媒は水である、等々。

【0056】支持部除去装置95は代りに物体55を配置する温度室96を含むことも可能である。分解過程を加速するため空気循環器を前記室96内に一体化してもよい。この後者の装置は、型材料35が物体材料25より低温で溶融する時用いるのが最良である。これは、型の融点より高い温度でかつ物体の融点より低い温度に露す時、型の選択的除去を可能とする。水とワックス、ワックスとプラスチック、プラスチックと金属等のように
10 広範囲の材料25、35の組合せが可能である。又は代りに、物体材料25は、ターゲット面上の選択位置に分配され、分配位置へ向けられたフラッドUV光又はファイバ・オプティクスによるもののように分配時に直ちに硬化された光ポリマでもよい。物体材料25が硬化光ポリマの場合、硬化光ポリマのものとは異なる溶解度を有するワックスを支持材35として用いることもできる。多くの場合、型と物体材料25、35は繰返し使用のためにリサイクル可能であり、廃棄物を削減できる。

【0057】図4は本発明の望ましい実施例による3次元物体を製造する処理を図示する処理流れ図である。物体の台が一旦真空固定具上に配置される（ブロック100）と、印刷ヘッド・ジェットを検査して全て機能しているかどうか調べる。これは、出力が光学検査部所で見ることができるよう印刷ヘッド20を位置決めすることにより行われる（ブロック110）。次いで印刷ヘッド・ジェットは短い線分のパターンを印刷し（ブロック120）、これを走査してジェットの各々が正しく機能しているかどうか確認する（ブロック130）。全てのジェットが正しくは動作していないことが決定された場合、印刷ヘッド20は吹出ふきとり部へ移動され（ブロック150）、ここで装置は吹出されてジェットの流れを通じさせる（ブロック160）。印刷ヘッド20は次いで光学検査部へ戻り（ブロック110）、ここでジェットは再び検査される（ブロック120と130）。図4の処理には図示していないが、印刷ヘッド20は必要に応じて何回でも検査されることは明かである。

【0058】全てのジェットが正しく動作している場合（ブロック140）、インク供給部を検査する（ブロック170）。供給部が不適当であるとわかった場合、溶融キャニスタは大容量キャニスタから充填される（ブロック180）。インク供給部が十分な場合、物体のスライス・データをロードすることにより処理は続行する（ブロック190）。

【0059】物体のスライス・データは色情報を含む3次元コンピュータ「物体」画像から発生され、応用ソフトウェアにより2次元パターンの垂直順序列に変換される。第2画像は第1画像のまわりの負の容積の形状でソフトウェア的に発生可能ではあるが、「型」画像は2次元スライスの組に変換され、物体と型のスライス・デー

12

タが連続的に組合され、第2画像は必要ではなくなる、又は望ましくなくなる。スプレー器30の全体的な動作は物体の画像に対してのみ正確な印刷を可能とする。

【0060】一旦第1のスライス・データがロードされると（ブロック190）、台15が位置決めされ、切断装置60がその上面を平面化し（ブロック210）、台は1層厚分だけ降下する（ブロック220）。次いで印刷ヘッド20は受信したスライス・データに応じてスライス・パターンを走査し積層させる（ブロック230）。第1層のスライス・データは台15上の印刷ヘッド位置と共にその位置の適当な射出機能を決定する。印刷ヘッド20は層が完成するまで台15に平行な面内を移動する。第1スライスのパターンの印刷が完了すると、スプレー器30は溶性支持材料35の様な層をターゲット面50の上面にスプレーする（ブロック240）。

【0061】処理流れ図では平面化段階の前に次のスライス・データのロードが図示されているが、これは平面化段階の後でも発生可能であり、又は望ましくは平面化段階と同時に良い。事実、マイクロプロセッサ制御装置90は最も迅速な時には印刷サイクル時の任意の時間に次のスライス・データをロードしてもよい。

【0062】これが印刷すべき最後の層でない場合（ブロック250）、インク供給部を再び検査し（ブロック170）、必要に応じてインクを追加する（ブロック180）。台15を位置決めし、切断装置60がターゲット面50の上面を平面化している間（ブロック210）に次のスライス・データをロードする（ブロック190）。次いで台15を1層厚分だけ降下させ（ブロック220）、次の層を印刷する（ブロック230、240）。これが印刷すべき最後の層である場合（ブロック250）、部品は真空取付具から除去され（ブロック260）、水が望ましい溶媒へ浸されて、溶性支持材を分解する（ブロック270）。この処理は完成した3次元物体を作成する（ブロック280）。

【0063】本発明による望ましい処理の例では、140°Fの液体ワックス（材料25）が連続層でジェット印刷されて物体パターンを形成する。同時に、氷の連続層（材料35）が物体パターンのまわりにジェット印刷されて凍結型を形成する。材料25、35の組合せ固体部分は次いで加熱されて型部品のみを溶融し、高分解能なリサイクル可能な鋳造パターンを残す。他の多くの材料25、35の組合せが可能であり、当業者の想像によってのみ限定される。

【0064】図5は本発明の望ましい実施例による印刷ヘッド検査吹出部所を図示する。印刷ヘッド20は媒体送り管310を介して溶融した媒体を受取り、短い平行線340の形式でコンベヤ・ベルト330上に前記媒体の滴320を落とす。コンベヤ・ベルト330の表面は紙で作られることが望ましい。光学センサ350は印刷

(8)

13

ヘッド20の全ての印刷素子のジェット10（図面からは見れない）の同時動作により印刷される平行線を走査する。マイクロプロセッサは、異物を放出するための吹出ふきとりを完了するため印刷ヘッド20をコンベヤ・ベルト330から離すことにより、少なくとも1個の不正動作印刷素子を示す光学センサ350の出力に応答する。空気が吹出バルブ監視空気管360を介して印刷ヘッド20へ強制送入される。これは印刷ヘッド20の不正動作印刷素子10から異物を有効に排出する。次いで印刷ヘッドはふきとられ、コンベヤ・ベルト330上に再配置される。印刷ヘッド20は再び光学センサ350により走査される短い並行線340の形式でコンベヤ・ベルト330上へ新たな媒体滴320を重ねる。印刷ヘッド20上の全ての印刷素子10が正しく機能するまでこの処理を繰り返す。光学センサを用いた検査装置を望ましいものとして説明してきたが、他の各種検査装置が当業者には考えうる。

【0065】図6a-図6bは本発明の望ましい実施例による光学センサ350の出力を反映する波形図を図示する。これらの図で、矩形波は機能しているジェット数を正確に示す。1つあるべき所の矩形波の欠損は不正動作ジェットを示す。図6aは全てのジェットが機能している時の光学センサ350からの出力を詳細に示し、一方図6bは2つのジェットが不正動作しているものと一致している波形を図示する。

【0066】図7a-図7cは図4の本発明の望ましい実施例によるワックスのような低融点材料から構成されるべき3次元物体の製造のため処理段階230、240、210の各々で生成する構造の図を図示する。図7aはCAD画像に従ってマイクロプロセッサ制御装置により定まるように水溶性台15上の指示位置にワックス層400を形成するためワックスの滴420を積重ねる印刷ヘッド20を示す。前記層400は組成に係らず、正の材料として知られ、全ての層が完成した時、所要の3次元物体を形成する。

【0067】図7bでスプレー器30は水溶性型材料440の滴430をスプレーして水溶性台410上に載置した積層ワックス層400をカプセル化する。材料440はその組成に係らず負の材料として知られ、全層が完成すると型を形成する。図4の処理の他にない特徴は図7bに見られ、すなわちスプレーされた負の材料440はランダムで、スプレー粒子はコンピュータにより特定のx、y点へ向けられていない。

【0068】以後の層の表面を用意するため、ミル・カッタ又は他の切断装置60が前の層厚の一部を除去して正の材料400を露出させる。この段階は又各層の厚さを定め、異なるインクジェットの分配速度を補償する。全ての層を処理した後、負の材料440を図示していない溶媒により選択的に除去し、この場合ワックスである正の材料400を残す。

14

【0069】ある種の材料はインクジェット型機構に用いるのには粘性度が高すぎる。しかしながらこれらの材料は、耐久性、外観又は水溶性度のような望ましい特性を示す。例示としてのみで限定する意図のものではないが、このような粘性材料の望ましい使用は、ペーストとエポキシのような電導媒体から製造される回路組立体を含む。

【0070】高温融点又は高粘性材料を用いるためには、絵画に用いるような原子化ノズルと加圧ガンをインクジェット型印刷ヘッドの代りとして使用可能である。このようなノズル又はガンは加圧注入器、すなわちピストン型動作を使用し、各種のノズル径が利用可能である。

【0071】図8a-図8cは図4の本発明の望ましい実施例に従って、高温融点又は高粘性材料から作られる3次元物体の製造のため処理段階230、240、210の各々で生成する構造の図を図示する。このような高温融点又は高粘性材料は金属、セラミック、プラスチック、ペースト、エポキシ等と共に、1例としてで限定的ではないが、すず、鉛合金のような前記材料の組合せ又は合金も可能であることを理解すべきである。

【0072】図8aはCAD画像に従ってマイクロプロセッサ制御装置により定まるような台15上の指示位置にワックス層500を形成するためワックスの滴520を積層しているインクジェット印刷ヘッドを図示する。前記層500は組成に係らず、負の材料で、全ての層が完成すると型又は支持部を形成する。

【0073】図8bでスプレー器ノズル又はガン30は支持材料500とその中のパターン空洞部の上へ高温融点又は高粘性材540の小滴530をスプレーする。材料540は組成に係らず正の材料で、完成すると、所要の3次元物体を形成する。図4の処理の他にない特徴は図8bに見られ、すなわちスプレーした正の材料540はランダムで、スプレー粒子はコンピュータにより特定のx、y点へ向けられていない。

【0074】以後の層の面を用意するため、ミル・カッタ又は他の装置が前の層厚の一部を除去して正の材料を露出させる。図8cは正の材料540を平面化して積層ワックス層500を露出させるカッタ60を図示する。各層は、異なるノズルの分配度を補償する所定の厚さに研磨される。全層を処理した後、最終容積物は低温融点の型付の高融点又は高粘性物体から構成される。負の材料500は図示していない溶媒又は熱により選択的に除去され、高融点又は高粘性の正の材料540を残す。

【0075】この方式は、インクジェット・プリンタ機構のみを用いては可能とはならないナイロン、PVC、いくつか名前を挙げられる金属合金のような多くの材料から物体を作ることと可能とするという点で他にないものである。さらに、積層部の上面を研磨することは、他の装置では部品に歪みを生じさせる応力を解放する役割

(9)

15

を果たす。又、十分広帯域をカバーしつつ多量の材料をランダムにスプレーするため、必要なインクジェット印刷ヘッドの数が減少する。

【0076】ここで図9aと図9bを参照して、本発明の別の実施例に従う一体化印刷ヘッド600の構造と動作を詳細に説明する。一体化印刷ヘッド600は、ターゲット面上の単一パスで物体材料25と支持材料35の分配と、各層の表面の平面化を含む、物体55の層を完全に作成するのに必要な装置を含む。この単一パス処理は製造過程を著しく速度向上させ、本発明に従って3次元物体を作製する装置の複雑度とコストも減少させる。

【0077】一体化印刷ヘッド600は、隔壁した関係で部品の各々が取付けられる取付け板604を含む。印刷ヘッド20は板604に取付けられ、接続された電線602に与えられる信号に応答する隣接の貯蔵所620から物体材料25を分配する。図9bに図示するように、ノズル603はインクジェット印刷ヘッドの公知の方法の対角線的に千鳥配置にされる。印刷ヘッド20の後方(y方向)かつそこから一方の側面へ離れて(x方向)配置されているのは、隣接するため630から支持材35を分配する分配器30である。例えば、分配器30はxとyの各方向印刷ヘッド20の0.1インチ

(0.254cm)のオーダーで(側方)後方にある。一体化印刷ヘッド600が+y方向(図9a及び図9bの軸基準に示すように)へ走行することを考えると、分配器30は3次元物体の形成で印刷ヘッド20より後に遅れる。動作時に、印刷ヘッド20が分配器30より進んで物体材料25を分配しているのと同時に、分配器30は支持材料35を遅れ位置で分配していてもよい。この結果、個々の印刷ヘッド20と分配器30の多重パスを必要とすることなく型付物体の層が迅速に形成される。加えて、単一層を処理するために多くの処理部所間で物体を運搬することを必要とする上記の米国特許第4,961,154号やヨーロッパ特許局公開第03222577号に記載の既知の装置に対して特に、装置の複雑度が大きく減少している。

【0078】オプションとして、加熱ガス(図示せず)を与える加熱要素又はダクトを取付け板604へ取付け、印刷ヘッド20が物体材料25を分配する所、特に従来層の物体材料25上に物体材料25を分配すべき位置のターゲット面の部分を局所的に加熱してもよい。このような局部加熱は、熱伝導、対流又は輻射のいずれによるものであれ、物体材料の上部を十分な温度まで上昇させて軟化状態とし、従来層の物体材料25への現在層に分配された物体材料25の接着を改善することが望ましい。さらに、この局部加熱は従来層の物体材料25の熱収縮を可能とし、新たな分配器の物体材料25と整合させる。

【0079】一体化印刷ヘッド600は、一体化印刷ヘッド600がy方向へ走行する時印刷ヘッド20の前方

16

でターゲット面を平面化するためのナイフ608をさらに含む。一体化印刷ヘッド600により可能な単一パス処理では、分配器30の後方で支持材35の分配後ではなく、物体材料25と支持材35の分配の直前にターゲット面を平面化することが望ましい。印刷ヘッド20の前の平面化により、ナイフ608が分配器30の直後に配置されている場合より物体材料25と支持材料35が平面化の前に硬化するより長い時間を有することができる。より完全に硬化した材料の平面化はより平面のターゲット面を発生し、物体材料25の連続する層間の支持材35のよごれを除く。

【0080】ナイフ608を取囲むものはターゲット面上のナイフ608の平面化動作からの残留物を除去するための真空拾い上げフード610であり、ナイフ608は取付け板606を介して真空フード610内に取付けられる。真空拾い上げフード610はダクト612を介して処理域から離れた再生場所へ残留物を排気する。真空拾い上げフード610の代りに、ターゲット面から残留物を除くためブラシ又は空気ジェットを設けてもよい。針毛又は他の適当な構造により形成されるブラシ・シールド614は図9aに示すようにオプション的に設けられて、真空フード610により拾い上げられなかった残留物が、印刷ヘッドが物体材料25を分配する選択位置に影響を与えることを防止し、選択した分配位置での処理機構を他の汚染から保護する。

【0081】図9aに図示するように、ナイフ608は単一の切断縁ではなく段付切断縁である。その上面を削っている時材料を割る可能性は、層の全体厚に対する削っている厚さ間の比率に従って増加するものと考えられる。従って、単一深さの単一切断刃は全く表面を割りやすく、特に本方法で期待されるように表面地形の変動(山対谷)が30%のオーダーである場合はそうであるものと考えられる。本発明のこの実施例によると、各々が0.001インチ(0.00254cm)のオーダーの深さを有するナイフ608の段付き切断刃は連続して多数の浅い研削段階を与える。最も深い刃の最底面には平らな領域が設けられてターゲット面をさらに平滑化する。この結果、層厚に対して各増分切断面により除去される材料の厚さが減少するため、ナイフ608はターゲット面を割る可能性を大きく減少させる。

【0082】図10を参照すると、別の構成によるナイフ608'が図示されている。ナイフ608'は多重段ではなく、(断面で見た時に)後縁の平面付の単一斜め刃を含む。この構造の結果として、y方向の刃608'の増分移動はターゲット面の増分量の除去を生じ、又ターゲット面の割れを避けうる。

【0083】本発明の又別の実施例によると、ナイフ608'を取付ける取付け板606'は電線618上の信号に応答するソレノイド606の制御下で可動である。この構造はナイフ608'(又は代りに多くの浅い段付

(10)

17

のナイフ608)の選択制御を可能とし、従って平面化は選択位置でのみ実行される。例えば、支持材35を次に分配するターゲット面上の位置では、物体の支持材35の形状の非重要性のため(これはいずれにせよ除去される)、平面化は必要ない。これと対照的に、物体材料25を分配すべきターゲット面の位置は平面化して物体材料25が従来層のものと接着することを保証し、物体の形成に適正な寸法制御を与えられなければならない。可動ナイフ608'はソレノイド616により制御され、従ってこれは物体材料25を分配すべき位置のターゲット面でのみ接触し、この結果研削及び発生する平面化残留物の量は大きく減少し、又刃608'の摩耗も同様である。

【0084】図11aを参照すると、平面化に別の技術を用いた別の構成による一体化印刷ヘッド600'が図示されている。この例によると、ローラー640は一体化印刷ヘッド600'の印刷ヘッド20と分配器30の後につき、支持材35の分配後分配層の表面を平滑化する。多くの場合支持材35を平滑化するには冷間ロール処理で十分であると考えられる。又は、ローラー640を加熱して支持材35の適正な平滑化を保証してもよいが、この場合ローラー640上にテフロン(TEFLO N)のような非付着コーティングを与えることが望ましい。加えて、従来層への物体材料25の次の層の粘着を促進するため、ローラー640にざらざら又は粗い表面を与えて分配層上に粗い外観を残すのがよい。

【0085】ここで図11bを参照すると、さらに他の構成による一体化印刷ヘッド600''が正面図に図示されている。一体化印刷ヘッド600''はターゲット面の上の高さで分配器30の後につく熱バー642を含む。熱バー642は例えば抵抗素子型の例の電線644により付勢されて加熱され、支持材35と物体材25を再流動させ、次の層の滑かなターゲット面を作成する。

【0086】使用している材料の特性に応じて図10aと図10bに示すように後にではなく、ローラー640又は熱バー642のどちらかを印刷ヘッド20の前に設置してもよい。

【0087】さらに代案として、次の層用の平面状ターゲット面を形成するために別の平面化及び機械加工を必要とすることなく、実質的に平面状の上面を得られるよう、物体材料25と支持材35を分配することも考えられる。これは例えば、支持材35の分配量を注意深く制御するよう印刷ヘッド20と同様のインクジェット印刷ヘッドにより達成される。この場合、上述の一体化印刷ヘッド600、600'、600''はナイフ608、ローラー640、熱バー642又はターゲット面の平面化用の他の装置を含まない。代りに、実時間で分配される支持材35の容量を測定することにより、本装置は印刷ヘッド20により分配される物体材料25の厚さと整合するよう分配器30により分配される支持材35の容積

18

を制御可能であり、印刷ヘッド20も制御して分配する物体材料25の容積も同様に実時間で調節してもよい。この測定と制御は層の全面に渡って物体材料25と支持材35の両者の同一平面性をさらに保証する。本方法で有効と考えられる実時間測定技術の例は、干渉計のような光学測定、追従ブラシのような機械的測定、及び他の既知のフィルム厚測定技術を含む。

【0088】図12を参照すると、多層プリント回路板を作製する本発明の応用例が断面で図示されている。この例では、物体材料25はアルミニウムのような電導材料を含み、支持材35はポリカーボネートプラスチック、ポリマ樹脂、又は他の公知の電氣的絶縁材のような誘電材料を含む。本発明のこの実施例によると、支持材35は物体の形成の完了時に除去されず(これはプリント回路板である)、代りに形成した物体の一体部分として残る。オプションとして、その製造時に、その場所に残る支持材35の代りに、回路板の選択した位置は上述した方法で物体の形成後に除去される可溶性支持材35を受入れ、このようにして複雑な形状のプリント回路板の製造も可能とする。

【0089】図12に図示するように、一体化印刷ヘッド650は電導性物体材料25を分配する印刷ヘッド20と絶縁性支持材35を分配する印刷ヘッド670を含む。上述した印刷ヘッド600の分配器30と対比して、印刷ヘッド670は相対的に高精度で支持材35を分配することが望ましい。プリント回路板の製作は、ナイフ660(これは本発明のこの実施例では印刷ヘッド20の後につける)による各層の上面の平面化を含めて、上述したものと同様に進行する。

【0090】動作時に、プリント電導線を各層に配置すべき位置に電導性物体材料25を分配する印刷ヘッド20によりプリント回路板が製造される。同一の単一パスで、印刷ヘッド670は層の残部を充填するのに必要なだけ絶縁性支持材35を分配する。電導線を有するものの間のプリント回路板の層はこの例では、25Vを介した垂直部を配置すべき位置に電導性物体材25を受入れて、異なる層の電導線路を接続し、25Vによる電導部を含む層の残りは支持材35を受入れる。

【0091】この結果、本発明は従来のプリント回路板製造に必要であったように、板を貫通する穴を形成して穴をハンダで埋める後処理段階を必要とすることなく層毎の方法でプリント回路板の形成を可能とする。さらに、本発明は従来の回路板で利用可能なものより著しく複雑な形状の回路板の製作を可能とする。例えば、本発明は異なる厚さと電導層の数の場所を有する一体回路板の形成を可能とする。加えて、本発明は壁付の回路板の形成を可能とし、無線周波数干渉(RFI)用の電導性シールドを含む壁を含むものも考えられる。本発明により与えられる柔軟性の増大は、板に設置すべき回路に応じてプリント回路板(及び壁部)の異なる位置での異な

(11)

19

る厚さのRFIシールドの形成を可能とする。

【0092】図13を参照すると、本発明のさらに他の実施例に従って構成された装置が記載されている。以上の説明から明かなように、本発明は相当大寸法、例えば側面が1フィート(30cm)のオーダーの物体を組上げることが可能である。このように形成された物体の重量は、支持材と組合せて、50ポンド(22.7kg)のオーダーのように、相当大きいものとなる。それ故、型付物体を洗浄部へ運搬する労力を削減するため、製造方法とそこで物体55から支持材35を除去する装置を提供することが有用であると考えられる。

【0093】図13は、洗浄タンクを組み込んだ本発明による物体を作製する装置の例を図示する。キャビネット675は、上述したように、支持材35に埋め込まれた物体材料25の物体を形成するための上面近くの一体化印刷ヘッド600(又は必要に応じた他の印刷ヘッド)と、上載台15を有する。本発明のこの実施例では、台15は、キャビネット675の内部へ台15を下降させ得るように従来のモータ(図示せず)により制御される伸縮アクチュエータ680の上部に取り付けられる。ベローズ(bellows)682はアクチュエータ680を取囲んで、後述するように溶媒がキャビネット675へ入ることを防止する。キャビネット675は、溶媒流体がポンプ684により連通する入口ホース685を受入れ、出口ホース686、687をフィルタ688へ与えて、ポンプ684によりキャビネット675へ再導入するためのタンク690での貯蔵の前に分解した支持材35をキャビネット675から受取った流体からさえぎる。

【0094】動作では、物体の完成時に、アクチュエータ680が台15をキャビネット675の内部へ降下させる。次いでポンプ684が付勢され、物体材料25に対して支持材35を選択的に分解するために用いられる水又は他の適当な溶媒のような溶媒流を入口ホース685を介してキャビネット675の内部へポンプで送り、出力ホース686、687、フィルタ689及びタンク690を介して再循環させる。この溶媒は支持材35を分解して物体材料25から形成された物体55を作成し、この後アクチュエータ680は台15をキャビネット675の上面へ上昇させ、操作員が支持材35の余分な重量なしで物体55をここから取出すことを可能とする。

【0095】加えて、上述したナイフ608による層の平面化の間に発生した残留物は、周囲の物体材料25と共に平面化された支持材35を分解するため、キャビネット675の内部へターゲット面の縁から離れた一体化印刷ヘッド600により単に掃引される。

【0096】上述した本発明は従ってCADデータベースから直接複雑な形状の3次元物体を迅速に作製するのに非常に有効である。しかしながら、図14a、図14

20

b、図15a、図15b及び図16aから図16eに関して今から後述する本発明の別な実施例に従って物体を作製することにより、このような物体を作製する効率がさらに強化され、印刷ヘッド機構の寿命が相当に長期化されることが発見された。

【0097】図14aと図14bをまず参照すると、支持材35を分解する前の製造段階で、支持材35により取囲まれている物体材料25から形成された物体が断面(y-z面)で図示され、この説明の目的上このy-z断面がx次元に十分大きい範囲で保持されているものとする。図14aの図から物体の大部分は物体材料25の固体ブロックから形成されていることは明かである。それ故この物体の製造時に、印刷ヘッド20は物体の内部部分を含む物体の大部分の体積部に対して高精度に物体材料25を分配し、従って図14aの物体の製造は非常に遅い。さらに、インクジェット信頼性はその使用時間の関数であることは公知である。従って、製造スループットの観点のみならず装置の信頼性の観点からも、インクジェットが使用中である時間を最小とすることが望ましい。

【0098】図14bは図14aに示したものと同じy-z面の断面で、同じ物体が代りに充填支持材35'を取囲む厚さtの物体材料25'のシェルから形成されていることを図示する。図14bの物体の側壁(すなわちx次元の限界)も又厚さtの壁を与える。物体材料25が支持材35を分解するために用いる溶媒に不溶性で、かつ充填支持材35'に対して不浸透性の両方である限り、シェル25'の外側からの支持材35の分解は充填支持材35'をシェル25'内にそのまま残しておく。このようなシェル部分を形成するのに有用な材料の例は、支持材35にはポリエチレン・グリコールのような水溶性ワックスとシェル物体材料25'にはみつろう又はカーナバロウのような水不溶性ワックスを含む。

【0099】充填支持材35'はスプレーノズル又は分配ノズルによるもののようにより、物体材料25より相当低い精度で分配されるため、図14bの物体を形成するためのインクジェット印刷ヘッドの使用の頻度は図14aの物体を形成するために要するものより非常に減少している。結果として、図14bの物体は図14aのものより非常に短い時間で形成され、物体材料25を分配するために用いたインクジェット印刷ヘッド20の摩耗も少い。

【0100】それ故、従来のコンピュータ支援設計プログラムの巧妙な使用により、形成される物体の設計者はデータベースの設計の元の記述では中実の物体のシェル設計を実装できる。しかしながら、本発明による装置のコンピュータ制御装置は、望ましくはユーザー指定の厚さtで図14aに示すような中実部分のデータベースから図14bに示すようなシェル部分を自動的に発生する。中実体からシェルへのこの変換は製造過程を開始す

(12)

21

る前にオフラインで実行され、従って製造装置が受取るデータベースはシェル・データベースであるものと、代りに物体の層毎の製造時に、中実体からシェルへの変換を製造装置自体で層毎に実行してもよい。図15aと図15bに関連して説明する望ましい方法を含む前記変換用の後述する方法はどちらの環境下の使用にも適している。

【0101】前記変換を実行する望ましい方法によると、容積中の各ボクセル（容積要素）はその取囲むボクセルに対して個別に解析されて、問題のボクセルが物体の一部ではないボクセルのユーザー指定の厚さ t 内にあるかどうか決定する。図16aを参照すると、問題のボクセルVOXELは各寸法が長さ $2t$ である立方体 V の中心にあるのが図示されている。このようになっているため、問題のボクセルVOXELは立方体 V の各側面から距離 t だけ離れている。中実の物体を中空のシェル物体へ変換する関連で、本方法は問題のボクセルVOXELと立方体 V 中でこれを取囲む各ボクセルが物体材料25を形成するものであるかどうかを決定し、そうである場合、問題のボクセルVOXELは少なくとも厚さ t だけ形成されるべき物体の縁から離れており、従って物体材料25ではなく充填支持材35'から形成される。このように形成される物体の容積を通して問題のボクセルを増分させていくことは、厚さ t より薄くはない壁部を有する物体を形成するため、物体材料25から前は形成されるはずのボクセルの内どれを充填支持材35'から形成するか、を識別する。

【0102】問題のボクセルVOXELを取囲む立方体 V 内の各ボクセルを検査する「強引な」方法による大容積の解析は、有効ではあるが非常にやっかいである。実際、 n ボクセルの容積に対しては前記の方法は n^4 回問い合わせのオーダーを必要とし、非常に長い計算時間を必要とする。図15aと図15bの流れ図に図示する方法は、後述する方法で立方体 V の表面のみを解析することにより中実体からシェル物体へのデータ変換を著しく少時間で実行するものである。この方法は現代の個人用コンピュータ・ワークステーション又は同様の計算力の他のデータ処理装置での演算に適しており、さらに通常の当業者は以下の説明を基にこの方法を実行するため前記のコンピュータを容易にプログラム可能であることが考えられる。

【0103】この方法は、物体の層毎の形成時に実時間変換で用いるのに適した、 $x-y$ 面での物体容積のスライスに対して以下に説明する。又は、上述したように、物体製造の前に変換がオフラインで実行される場合、この処理は z 次元の一連の層に対して増分的に実行される。さらに、図15a、図15bの変換処理が操作するデータベースは、各々物体材料25を受入れないか又は物体材料25を受入れるかを指示する「中空」又は「中実」状態を各々が記憶する、3次元アレイのボクセルに

22

対応するメモリ位置から構成される。本発明のこの実施例によると、充填支持材35'を受入れるボクセルであることを示す第3の「マーク付」状態を用いる。

【0104】本発明の実施例による変換処理は処理700から開始し、ここでユーザー指定のシェル厚 t と物体容積の $x-y$ スライス中のボクセルに対して最大の x と y が設定される。判断701で、問題のボクセル（「VOXEL」）の現在の y 値を問合せ、最大 y 寸法 y_{max} からシェル厚 t 内に位置しているかどうか決定し、そうである場合、この y 次元のボクセルは必ず中空であるか又は中空ボクセルから厚さ t のシェル内にあるかのどちらかであるため、変換処理は終了する。そうでない場合、VOXELの x 寸法を問合せ、最大 x 寸法 x_{max} のシェル厚 t 内にあるかどうかを見る判断703を実行する。VOXELが x_{max} の距離 t 内にある場合、 y 値を2だけ増分することにより新たなVOXELを選択し、制御を判断701へ戻す。VOXELの x 及び y 値を2だけ増分させることは、もち論問合せるVOXEL数を半分に減少させることにより変換処理を大きく速度向上させる、加えて、単一のボクセル幅の中空域という望ましくない状況が2だけ増分させることにより失われるため、このような増分方法により殆んど分解能は失われない。

【0105】最大値 x_{max} のシェル厚内にVOXELが入っていない場合、中実物体データベースを問合せVOXELが中実であるかどうか決定する判断705を実行する。中実でない場合、 x 次元に2だけ増分することにより新たなVOXELを選択し、判断703へ制御を戻す。VOXELが中実である場合、これは中空のVOXELへ変換する候補（すなわち充填支持材35'を受入れる場所）となり、処理は判断707へ続行する。

【0106】上述した本発明のこの実施例によると、立方体 V の表面を問合せVOXELをマークするかどうか決定する。しかしながら、判断707は従前の結果を基に、立方体 V の表面の解析を減少させるルーチンを開始する。判断707で、VOXELと同じ y 寸法の前のボクセルを問合せ、充填支持材により充填されるよう「マーク付」となっているかどうかを見る。そうである場合、VOXELから $-x$ 方向へ少なくとも t 距離のボクセルは既に問合せであり、充填支持材35'により充填され、 $-x$ 方向に繰返して問合せる必要性を除去する。次いで処理708で x 走査ポイントをセットして、VOXELから $+x$ 方向の立方体 V の表面のみを問合せ、VOXELをマークできるかどうか（すなわち立方体 V の表面の一部が t より大きい又は等しい x を有している）を決定する。図16bで図示した影付面は、 $x=0$ の平面に沿った立方体 V の外面の代りの $x=t$ 面に沿った立方体 V の内部面の代換えを含む、判断707の結果が正の場合に解析すべき部分を図示する。

【0107】図15aに戻ると、VOXELと同じ x 寸

(13)

23

法ではあるが前のy走査線のボクセルを問合せて、中空となるようマークされたかどうかを決定する判断709が実行される。そうである場合、前の解析がy次元の前のボクセルが安全にマークされたことを見出しているため、VOXELよりy次元が小さい立方体Vの表面の部分は解析する必要がなく、y走査ポイントをセットしてVOXELからy方向の前方のみを走査する(処理710)。図16cは影付により、判断709の結果が正の場合(すなわちyがVOXELより大きいか又は等しい)に解析すべき表面の部分を図示する。y=0面の代りに立方体Vの内部面(y=tの面に沿った)も又考慮する。

【0108】次いで、z次元でVOXEL直下のボクセルを問合せて中空となるようマークされたかどうか決定する判断711を実行する。そうである場合、x及びy次元と同様に、処理712でz走査ポイントをセットし、z次元で前方向のみを走査し、VOXELのものより大きい又は等しいz値を有する立方体Vの表面の部分を解析する。図16dの影付面はこの場合に解析すべき立方体Vの表面の部分を図示する。

【0109】判断707、709、711から、何の正値の結果もない組合せから全てが正の結果の組合せを含む任意の正の結果の組合せが返されることに注意すべきである。x、y、z次元の全ての3次元でVOXELに直接隣接する3つのボクセル全てが中空とマークされた場合、図16eに示す立方体Vの表面の部分のみ、すなわちVOXELよりそのx、y、z次元の3次元全てが大きい位置のみを解析する必要がある。x=t、y=t、z=t面に沿った立方体Vの内部表面も又解析に含まれる。結果として、本方法のこの部分は、VOXELを「マーク」できるかどうか決定するのに必要な解析の量を非常に減少できる。

【0110】図15bを参照すると、走査すべき立方体Vの表面の範囲を一旦決定して、解析が開始できる。処理714はz値を立方体Vの上面に対応する2tにセットする。次いで判断715は上面の最初のx、y位置

(判断707、709の結果に依存)のボクセルに問合せて中実かどうか決定する。そうでない場合、上面のこのボクセルは物体域の外側であることを意味し、VOXELは必ず形成される物体の外縁の厚さt以内であり、処理はVOXELで終了し、処理706でx値を増分した後新たなVOXELを問合せる。上面のこのボクセルが中実の場合、x及びy値がz=2t面上で増分される(この場合、x軸が速い軸である)処理716が実行される。判断717は、面が完了したかどうかを決定し、そうでない場合は制御を判断715へ戻して次のボクセルを解析する。

【0111】上面(z=2t)のボクセルが中空でない場合、処理718でzをその低い限界値(上述した判断711の結果に応じて、o又はtのどちらか)にセット

24

することにより底面を解析する。判断719は判断707、709の結果により解析した範囲までこの底面に沿って各ボクセルの状態を解析し、判断721により底面解析が完了した時を決定する。このように解析した底面のボクセルのどれかが中空の場合、これは中空とできないため処理はVOXELで終了し、問題のボクセルの増分は処理706で実行される。

【0112】底面の完了時に(中空ボクセルは見出されなかったと仮定すると)、制御は処理722へ渡り、処理722は判断707、709、711で見出したその最低限界へ解析すべき表面ボクセルのx、y、z寸法をセットし、現在のz値で立方体Vの側面の解析を開始する。判断723は、表面ボクセルのz値が2tを越えた所(立方体Vの上面)に達しているかどうかを決定し、その場合には後述する処理736へ制御を渡す。そうでない場合、次に判断725は、解析すべき表面ボクセルのy値が2tを越えているかどうかを決定し、その場合z値を処理724で増分するよう走査線は完了していることを示し、制御は判断723へ渡される。表面ボクセルのy値が2tを越えないことを判断725が示している場合、表面ボクセルy寸法を検査してx-z面の表面のどちらかに乗っているか(すなわちy=2t又はy=低限界)を決定する判断727を実行する。その場合、判断709を実行してx-z面に沿った表面ボクセルを解析し、判断731により決定されるように現在のz値に対してx-z面が完了するまで処理730でx値を増分させる。もち論、表面ボクセルのどれかが中空であることがわかった場合、VOXELは中空とはマーク不能であり、次のVOXELが選択される(処理706)。

x-z面のx寸法線の完了時に、解析すべき表面ボクセルのy値を処理732で1だけ増分し、前と同じくy値を判断725、727で検査する。

【0113】解析すべき表面ボクセルのy値が問合せるべきx-z面の一方にないことを決定する判断727により、x限界(x寸法低走査限界とx=2t)のみが処理734で検査される。両ボクセルが中実の場合、y値が再び増分され(処理723)、検査され(判断725、727)、yが2t限界を越すまで次のy寸法線限界が再び検査され、越えた場合z値を増分し(処理724)、方法は繰返される。

【0114】このように、表面ボクセルのz値が立方体Vの上面の2tの最終限界に到達するまで、立方体Vの側面(又は場合に応じて内面)の各ボクセルをz次元のスライス毎に解析する。この解析でどのボクセルも中空であると見出せなかった場合、中実又は中空となるようマークされていないボクセルがVOXELから距離t内に存在しないため、VOXELは製造時に中空となるようマークされる。次いで処理736が実行され、これにより製造時にVOXELとその周囲のボクセルは中空となるようマークされ、ここに充填支持材35'を受入れ

(14)

25

る。

【0115】図15aと図15bのこの方法の結果として、形成されるべき物体内の容積のデータベースは中実物体からシェル物体へ自動的に変換され、充填支持材35'を物体の内部部分に用いてよい。このように、この方法は物体材料25を分配するために用いるインクジェット印刷ヘッドの寿命を改善し、又物体を生産する速度を大きく改良する。

【0116】本発明による物体を形成する速度のさらなる改善と共に部品を形成するために用いる材料の量の削減は又支持材35の分配を制限することによっても得られる。特に、物体材料25をその上に分配しない物体の位置は支持材35の存在を必要としない。図17aから図17dを参照すると、物体材料25を支持するのに必要である位置のみに支持材35の分配を限定する処理を以下に説明する。

【0117】図17aは物体材料25と支持材35を含む物体のy-z面に沿った断面を图示する。図17aから明かなように、物体材料25の張出し部分25OHは+y方向に外方へ張出し、物体の残りの部分より(z次元に)小さな寸法を有する。本発明の別な実施例によると、物体材料25がその上に存在するかどうかの考慮なしで物体を形成した場合には存在するが、この場合は張出し部25OHの上の領域355は支持材35を含まない。

【0118】図17aの物体のx-y面に沿って取った図17bから図17dの断面図は本発明のこの実施例を图示する。形成すべき物体の解析のこの方法は従来の個人用コンピュータ・ワークステーション又は同様の計算パワーのデータ処理装置で実行される。さらに、従来のコンピュータ支援設計ソフトウェアと組合せてこの説明を参照して、通常の当業者は容易に本発明のこの実施例を実行できるものと考えられる。

【0119】図17bは張出し部25OHの高度(z方向)の下の相対的に下層で形成されている物体の平面図を图示する、この層は張出部25OHを含む層の前に上述した方法で形成される。本発明のこの実施例によると、製造処理を制御するコンピュータ・ワークステーションは、製造している現在の層(図17bで物体材料25により示される)とまだ製造していない全ての層の物体材料25部分の影投影部を解析する。結果として、たとえ物体のこの層が張出し部25OHを含んでいなくとも影部分25Sが張出部25OHに対応して現れる。結果として、この層に対して図17bに图示するように支持材が与えられ、張出し部25OHを支持するのに必要な支持材の量を含む。

【0120】上述したように、製造方法は+z方向へ進み層毎に続行する。図17cは張出し部25OHの高さで形成されている物体の層を平面内で图示する、このように物体材料25は取囲む支持材35と共に図17cに

26

图示するように分配される。加えて、この例では物体のより高い層は図17cに示す境界の外側の物体材料25を含まないため、この解析で影部分は投影されない。

【0121】図17dは張出し部25OHの高さより上の層を图示し、再びその層とそれより上の全ての層の影部分の図を投影する。図17dに示すように、張出し部25OHはこのレベルより完全に下であるため、張出し部25OHの影部分又は実際の突出部は存在しない。加えて、図17dの領域355の上には物体材料25は必要なく、従って分配器30は領域355に支持材35が分配されないよう制御される。このように形成された物体を分解する際に対処するのに必要な溶媒と他の処理と同じく、支持材35のこの容積が節約される。

【0122】本発明による装置、方法、処理の簡単さは多くの利点を提供する。印刷ヘッドは小さく、安価で、ベクトルとラスタを含むいくつかの走査方法に構成可能である。射出穴は小さく、非常に高分解能を可能とする。さらに、高粘性材料の分配と共に下容積分配には広い穴又は射出アレイが利用可能である。加えて、本発明による装置、方法、処理は、鋳造所や機械工場から小さな卓上装置までの範囲の各種の作業環境と応用例に適合可能である。媒体はどの面にでも印刷可能であるため、自動コンベヤ及び材料処理装置を包含可能である。これは多くのデータ源からの早く連続的なスループットを可能とする。これは、本発明の教示に従って組立てた1個以上の装置により迅速にプロトタイプされる、少なくとも1台のコンピュータ上の多くのコンピュータ発生画像を含む。

【0123】この技術により作製されうる多くの物体の内のいくつかは、プロトタイプ、鋳造パターン、型、彫刻、構造部品を含む。このリストは全く完全なものではなく、本発明の多くの他の使用法が当業者には考えつくことは当業者にはすみやかに明らかとなる。

【0124】本発明の各種実施例はハードウェア、ソフトウェア又はマイクロコード化したファームウェアを使用し、又は実施されていることを理解すべきである。処理図は又マイクロコード化及びソフトウェアを基にした実施例の流れ図を表わす。さらに、本発明の特定の実施例を图示し説明してきたが、各種の変更や別の実施例は当業者に考えつくものである。従って、本発明は添附の特許請求の範囲に関してのみ限定される意図のものである。

【0125】以上の説明に関して更に以下の項を開示する。

(1) 3次元物体を作製する装置において、ターゲット面を支持する台と、前記ターゲット面上に層を形成し、前記台に対して可動である一体化印刷ヘッドであって、前記ターゲット面の選択位置に第1材料を制御可能に分配する第1のジェットと、前記第1ジェットと同時に前記ターゲット面の他の位置へ第2材料を分配するため、

(15)

27

前記台に対して前記一体化印刷ヘッドの移動方向に前記第1ジェットに対して遅れて隔置した関係で前記印刷ヘッドに取付けた分配器と、を含む前記一体化印刷ヘッドと、を含む3次元物体を作製する装置。

【0126】(2)第1項記載の装置において、前記一体化印刷ヘッドは、前記層の上面で実質的に平面状のターゲット面を形成するため、前記第1ジェットと前記分配器により形成された層を平面化するための装置と、をさらに含む装置。

【0127】(3)第2項記載の装置において、前記平面化装置は前記第1ジェットと前記分配器に対して隔置した関係で前記一体化印刷ヘッドに取付けたナイフを含む装置。

【0128】(4)第3項記載の装置において、前記一体化印刷ヘッドはさらに前記ナイフにより発生された残留物を除去する装置を含む装置。

【0129】(5)第3項記載の装置において、前記層に対して前記ナイフを制御可能に上下させる装置をさらに含む装置。

【0130】(6)第2項記載の装置において、前記ナイフは、前記台に対する前記一体化印刷ヘッドの移動方向に前記第1ジェットに対して先行する位置に取付けられている装置。

【0131】(7)第6項記載の装置において、前記ナイフは変化する深さの複数の切断刃を含み、前記切断刃の最も浅い部分は走行方向に前記複数の切断刃の残部を先導する装置。

【0132】(8)第6項記載の装置において、前記ナイフは、その最浅部分が走行方向にその最深部分を先導するように傾いた切断刃を含む装置。

【0133】(9)第2項記載の装置において、前記平面化装置は、前記第1ジェットと前記分配器に対して隔置した位置に取付けたローラーと、を含む装置。

【0134】(10)第9項記載の装置において、前記ローラーは加熱されている装置。

【0135】(11)第2項記載の装置において、前記平面化装置は前記第1ジェットと前記分配器に対して隔置した関係に取付けたヒーターを含む装置。

【0136】(12)第2項記載の装置において、前記分配器は第2ジェットを含む装置。

【0137】(13)3次元物体を作製する方法において、ターゲット面上で一体化印刷ヘッドを移動させる段階であって、前記一体化印刷ヘッドは前記ターゲット面に液体第1材料を制御可能に分配する第1ジェットと、前記第1ジェットに対して隔置した関係で前記印刷ヘッドに取付けた液体第2材料を分配する分配器とを含む、前記移動段階と、前記移動段階の間に、物体の断面に対応する前記ターゲット面の選択位置へ前記第1ジェットを介して前記第1材料を制御可能に分配する段階であって、前記第1材料は分配された後に固化する前記分配段

28

階と、前記分配段階の間に、前記第1ジェットが前記第1材料を分配している位置の後の前記ターゲット面の他の位置へ前記分配器を介して前記第2材料を分配する段階であって、前記第2材料は分配された後に固化し、前記ターゲット面上に層を完成して、その上面に他のターゲット面を形成する前記分配段階と、前記移動段階と、前記制御可能に分配する段階と、前記分配段階とを繰返し、前記第1及び第2材料を含む本体を形成する段階と、を含む3次元物体を作製する方法。

【0138】(14)第13項記載の方法において、前記制御可能に分配する段階と分配段階により形成される前記層を平面化して、実質的に平面状のターゲット面を形成する段階と、をさらに含む方法。

【0139】(15)第14項記載の方法において、前記平面化段階は、前記第1ジェットと前記分配器に対して隔置した関係で前記移動段階の間に実行される方法。

【0140】(16)第15項記載の方法において、前記平面化段階は、前記第1ジェットが前記第1材料を分配している位置の前の前記ターゲット面の位置で実行される方法。

【0141】(17)第15項記載の方法において、前記平面化段階は、前記分配器が前記第2材料を分配する位置の後の前記ターゲット面の位置で実行される方法。

【0142】(18)第13項記載の方法において、前記繰返し段階の後で、前記第1材料に対して前記第2材料を選択的に除去して、前記第1材料から形成される物体を作製する段階と、をさらに含む方法。

【0143】(19)コンピュータ・データベースから物体を作製する方法において、前記物体は容積内の複数の支持ボクセルにより取囲まれる複数の中実ボクセルとして前記データベース中に表現され、前記方法は、複数の中実ボクセルとしての前記物体の前記データベース表現を複数の充填支持ボクセルを取囲む中実ボクセルのシェルとしての前記物体のデータベース表現へ変換する段階と、以下の段階を含む方法により前記変換したデータベース表現から前記物体を層毎に構成する段階と、を含み、前記構成方法は、ターゲット面の選択位置に液体形状の第1材料を分配する段階であって、前記選択位置は物体の断面のシェル位置に対応し、第1材料は分配後に固化する前記分配段階と、前記第1材料を分配するシェル位置以外の前記ターゲット面の位置に第2材料を印加して他のターゲット面を形成する段階と、前記分配及び印加段階を繰返し、前記第2材料を取囲む前記第1材料のシェルを含み、前記第2材料により取囲まれている物体を形成する段階と、前記第1材料に対して前記シェルを取囲む前記第2材料の部分を選択的に除去し、前記第2材料の部分を取囲む前記第1材料のシェルから形成される物体を残す段階と、を含むコンピュータ・データベースから物体を作製する方法。

【0144】(20)第19項記載の方法において、前

(16)

29

記変換段階は、複数個の中実ボクセルとしての物体のデータベース表現の容積の第1ボクセルを検査して、これが中実又は支持ボクセルであるかどうか決定する段階と、前記第1ボクセルが中実ボクセルであることを指示する前記検査段階に回答して、前記第1ボクセルを取囲む選択した距離内の複数個のボクセルを検査し、前記複数個のボクセルが各々中実であるか又は支持ボクセルであるかどうか決定する段階と、前記第1ボクセルが中実ボクセルであることを指示する前記複数個のボクセルを検査する段階に回答して、前記第1ボクセルが充填支持ボクセルであることをデータベース中に指示する段階と、前記データベース表現で複数個のボクセルに対して前記検査及び指示段階を繰返す段階と、を含み、前記印加段階は前記変換されたデータベースで充填支持ボクセルとして指示されたボクセルに対応する位置に前記第2材料を印加する方法。

【0145】(21)第20項記載の方法において、複数個のボクセルを検査する前記段階は、選択した距離により前記第1ボクセルを取囲む容積を定める段階と、前記定めた容積の表面のボクセルを検査し、これが中実か又は支持ボクセルであるかを決定する段階と、を含む方法。

【0146】(22)第21項記載の方法において、複数個のボクセルを検査する方法は、前記第1ボクセルに対して第1方向の隣接するボクセルを検査して、これが充填支持ボクセルであるかどうか決定する段階と、これが充填支持ボクセルであることを指示する隣接するボクセルを検査する前記段階に回答して、前記第1方向の前記隣接するボクセルから前記第1ボクセルと反対側のボクセルに対してのみ表面のボクセルを検査する前記段階を実行する段階と、をさらに含む方法。

【0147】(23)第19項記載の方法において、前記データベース表現を検査して、容積中の第1層の中実ボクセルと第1層の上の容積の層の中実ボクセルの影部分の投影を得る段階と、前記第1層に対する前記印加段階を制御して、前記第1層に対して中実ボクセルの影部分投影の外側のターゲット面の位置には前記第2材料を印加しない段階と、を含む方法。

【0148】(24)3次元物体のコンピュータ制御製造の方法と処理は、物体の断面に対応する所定位置に台上へ液体の不溶性材料のような第1材料の層を分配し、次いでこれが硬化する段階を含む。水溶性であることが望ましい第2媒体をこの層上にスプレーして硬化した不溶性媒体をカプセル化する。このカプセル化材の上面を必要に応じて例えばミル・カッタ、ナイフ、ローラー又は熱バーにより平面化し、カプセル化材の一部を除去して新たなパターン積層用に下の不溶性材料を露出させる。第1及び第2材料の分配と平面化は一体化印刷ヘッドにより単一パスで実行してもよい。生成した平面化残留物を除去した後、液体の不溶性媒体の他の層を平面化

30

した表面に分配する。型に取囲まれた所要の3次元物体が完成するまでこの段階が繰返される。この時点で、物体は加熱されるか又は溶媒に浸され、型を溶解して3次元物体をそのまま残す、又は第2材料はその場所にとどまって、プリント回路板のような複合構造を形成する。中実の物体を表わすCADデータベースを充填したシェルを表わすものへ変換し、所要の物体材料の量を減少させる方法も開示されている。

【0149】本願は、放棄された1991年1月31日提出の出願一連番号648、081号の続きである、1992年6月24日提出の出願一連番号905、069号の部分的に続きである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による望ましい実施例の図であって、aは自動化3次元物体製造部の斜視図、bは本発明により製造された例示3次元物体の斜視図。

【図2】本発明による図1aの迅速プロトタイプ装置の他の望ましい実施例であり、aは正面図、bは上面図、cは左側面図。

【図3】本発明の望ましい実施例によるマイクロプロセッサと水洗バットの斜視図。

【図4】本発明の望ましい実施例による3次元物体を製造する処理を図示する処理流れ図。

【図5】本発明の望ましい実施例による印刷ヘッド検査及び清浄化部所の斜視図。

【図6】本発明の望ましい実施例による検出器出力を反映した波形図で、aは正常動作、bは不正動作の波形図。

【図7】図4の本発明の望ましい実施例に従って低融点材料から作られる3次元物体の製造のため選択した処理段階の間の生成構造の図。aは物体材料の分配図、bは支持材料の分配図、cは平面化を表わす図。

【図8】図4の本発明の望ましい実施例による高融点又は高粘性材料から作られる3次元物体の製造のため選択した処理段階の間の生成構造の図。aは支持材料の分配図、bは物体材料の分配図、cは平面化を表わす図。

【図9】本発明の別な実施例による一体化分配及び平面化ヘッド。aは正面図、bは平面図。

【図10】本発明の別な実施例による平面化刃の正面図。

【図11】本発明の別な実施例による別な平面化部品の正面図。aはローラーを含む図、bは熱バーを含む図。

【図12】本発明の別な実施例による多層プリント回路板を作製するための一体化分配及び平面化ヘッドの正面図。

【図13】本発明の別な実施例による部品を作製するための装置の斜視断面図で、洗浄タンクが物体作製ワークステーションに一体化されていることを示す図。

【図14】本発明の別な実施例により作製される3次元物体の例の断面図。aは中実物体図。bはシェル物体

(17)

31

図。

【図15】図14a及び図14bの3次元物体を作製する別な方法の動作を図示する流れ図。

【図16】図15aと図15bの方法で解析しているボクセルを取囲む容積部を図示し、aはボクセルと立方体Vの関係を、bからeは判断に応じて解析すべき部分を示す図。

【図17】本発明の別な実施例により形成される物体の断面図で、aからdは各形成段階を示す図。

【符号の説明】

10 印刷装置

15 台

20 印刷ヘッド

25 物体材料

30 ノズル又はガン

35 支持材料

45 位置決め装置

50 ターゲット面

55 3次元物体

60 切断装置

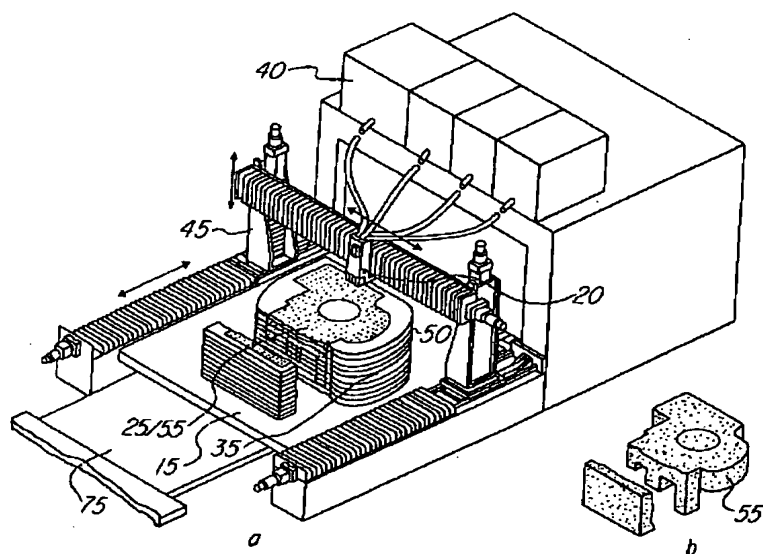
65 真空ポンプ

10 70 真空取付具

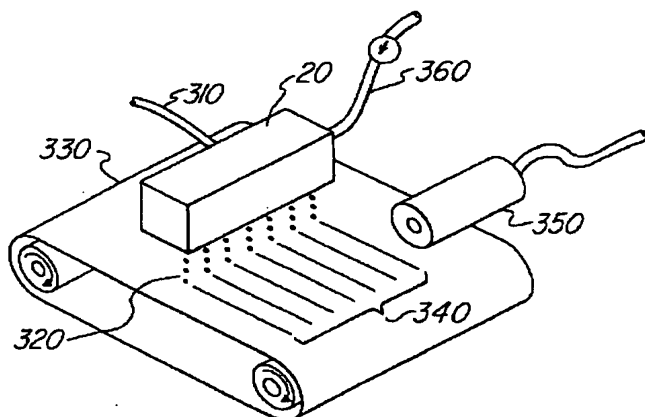
90 マイクロコンピュータ制御装置

95 支持部除去装置

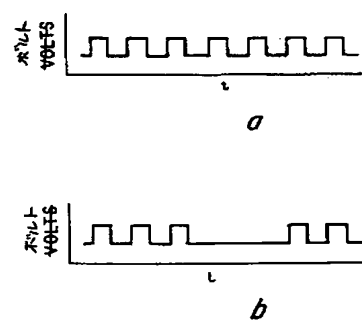
【図1】



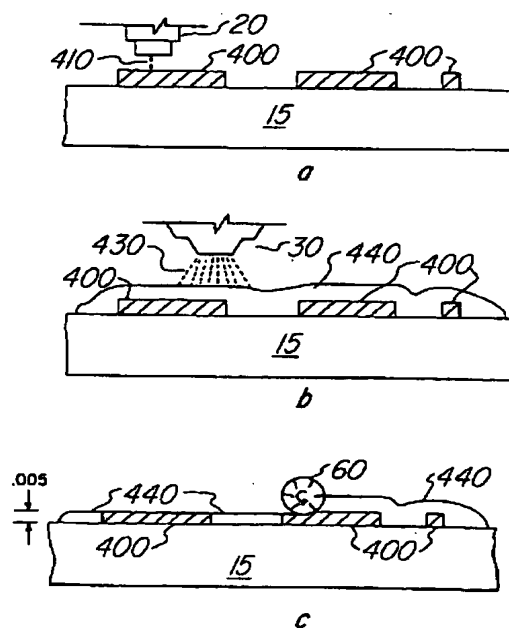
【図5】



【図6】

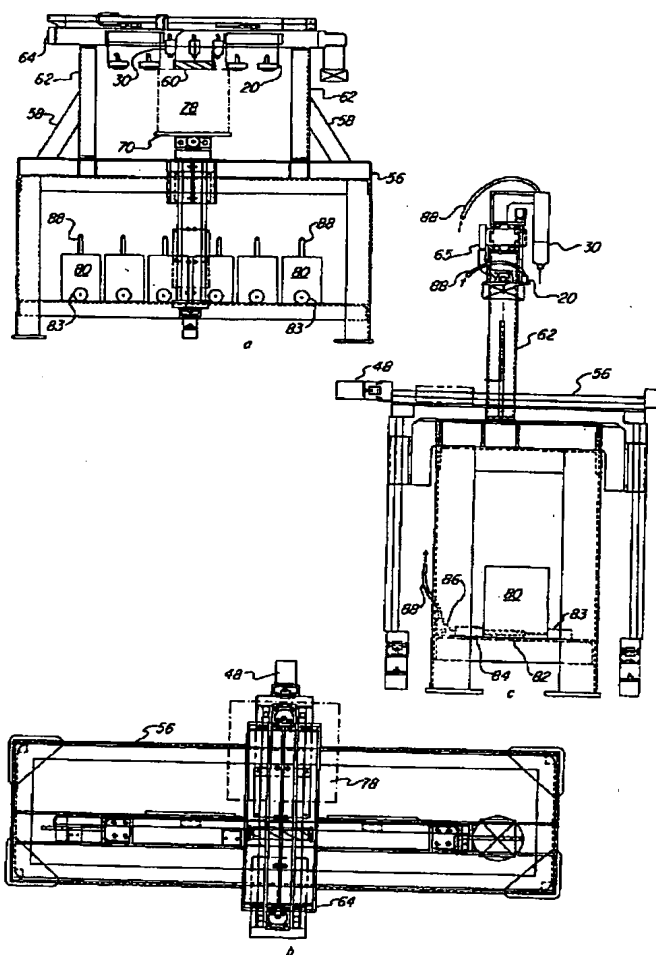


【図7】

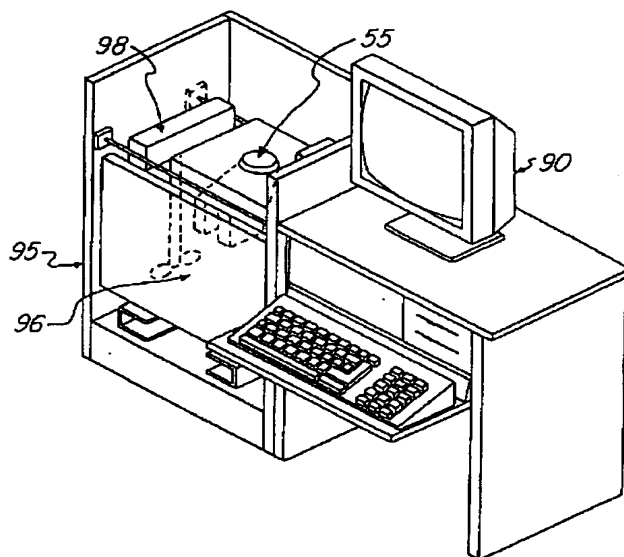


(18)

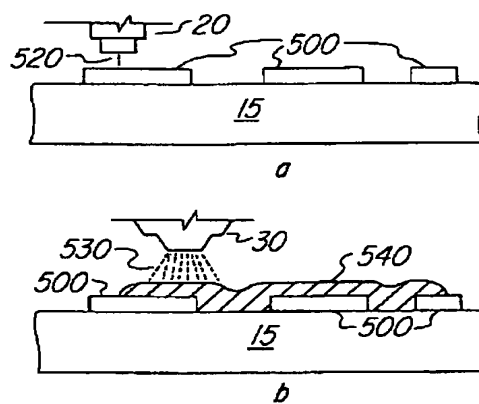
【図2】



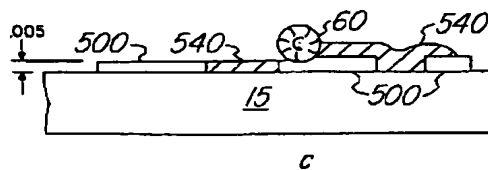
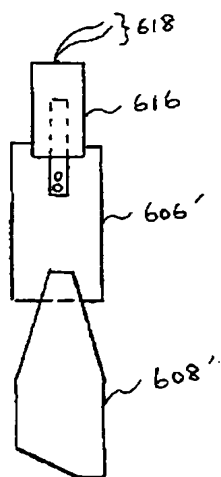
【図3】



【図8】

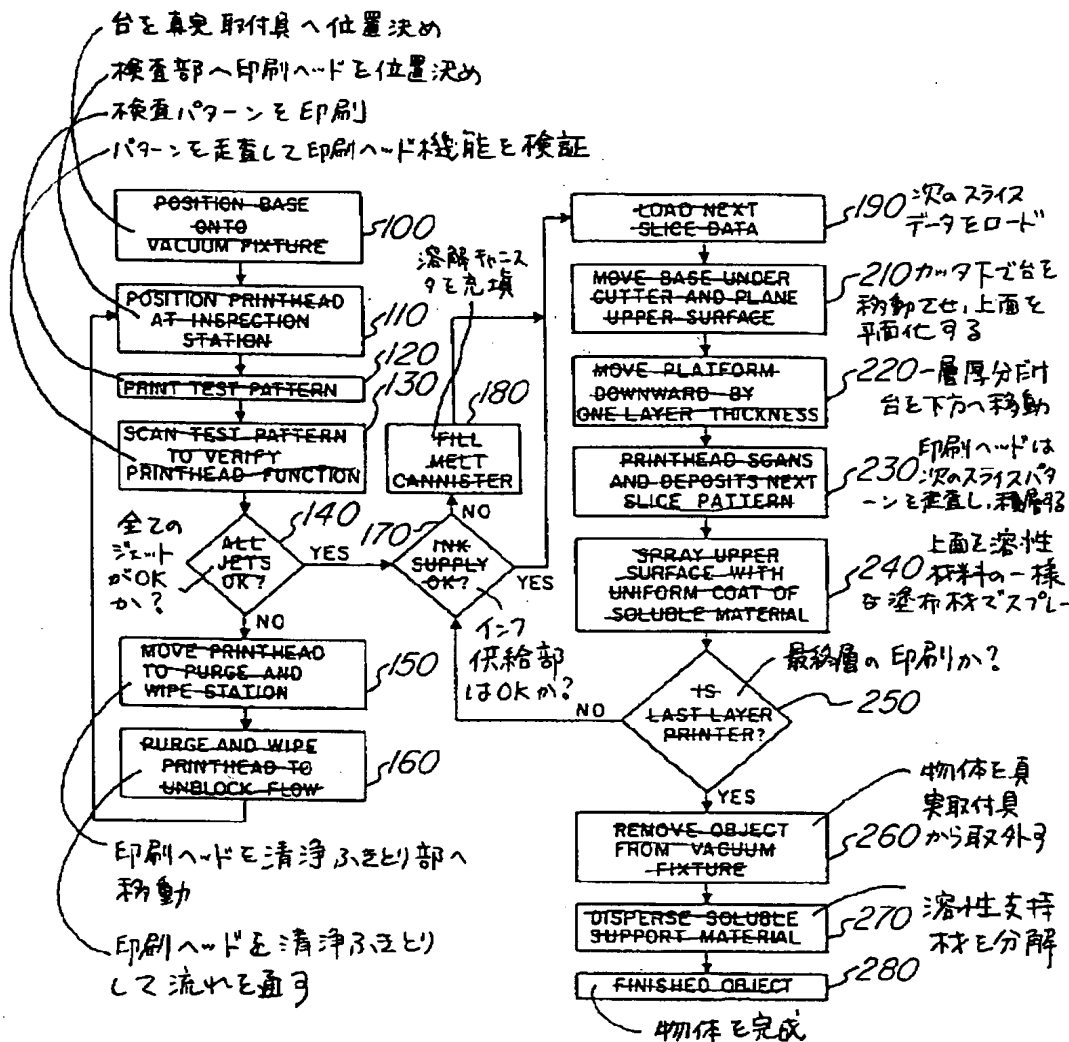


【図10】



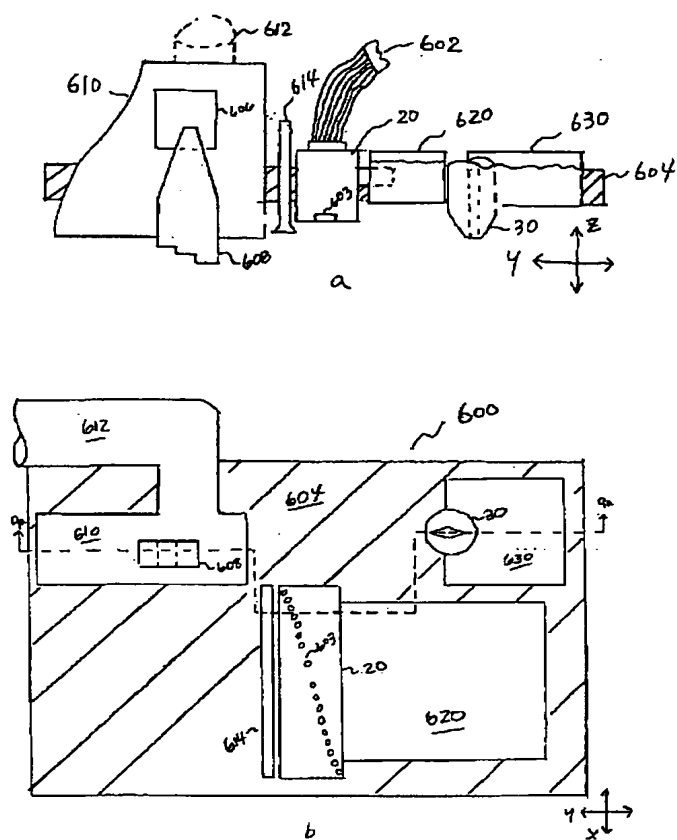
(19)

【図4】

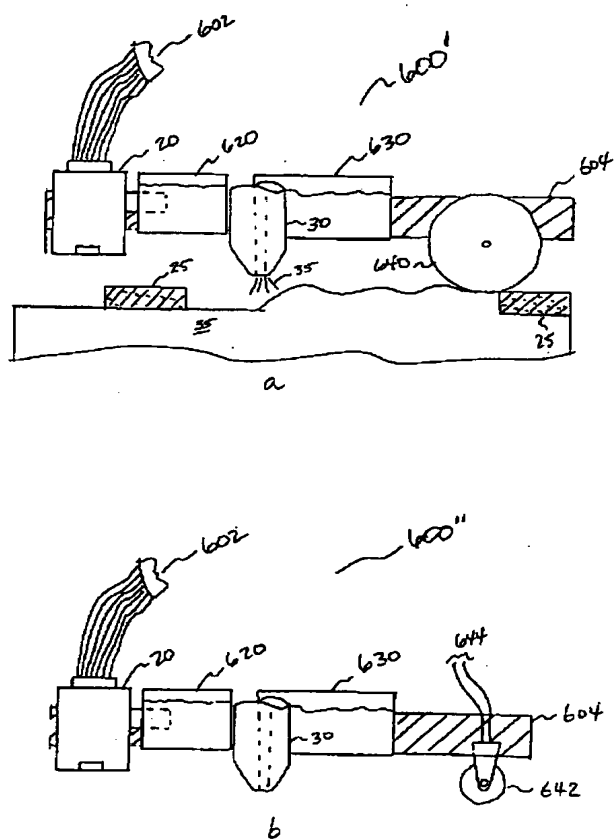


(20)

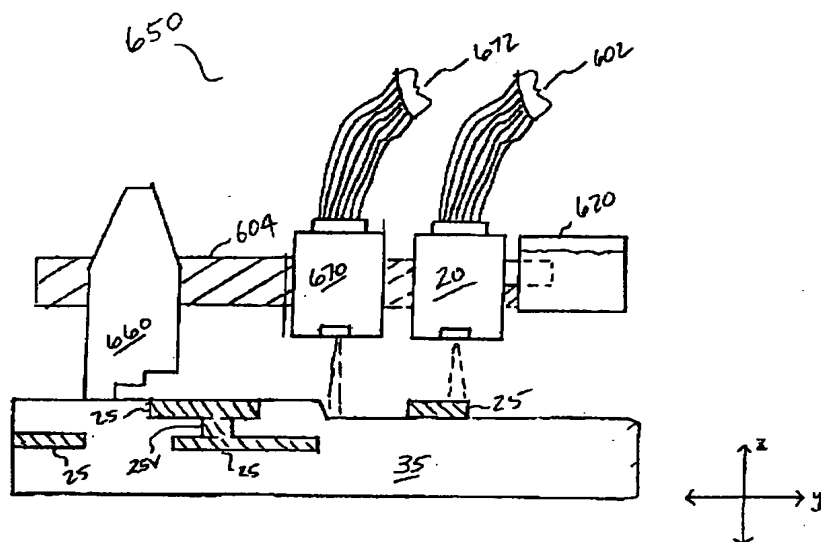
【図9】



【図11】

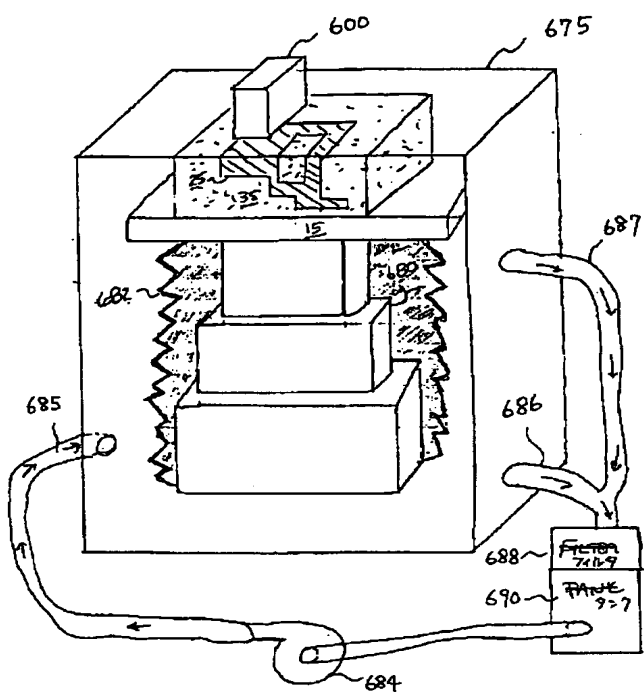


【図12】

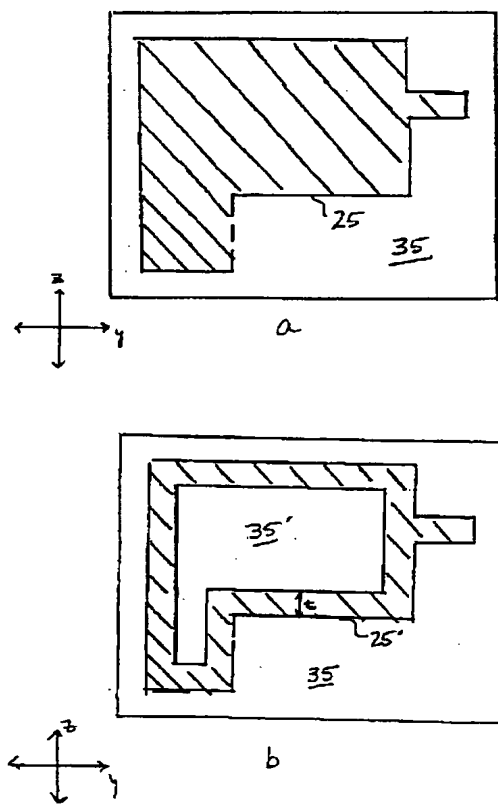


(21)

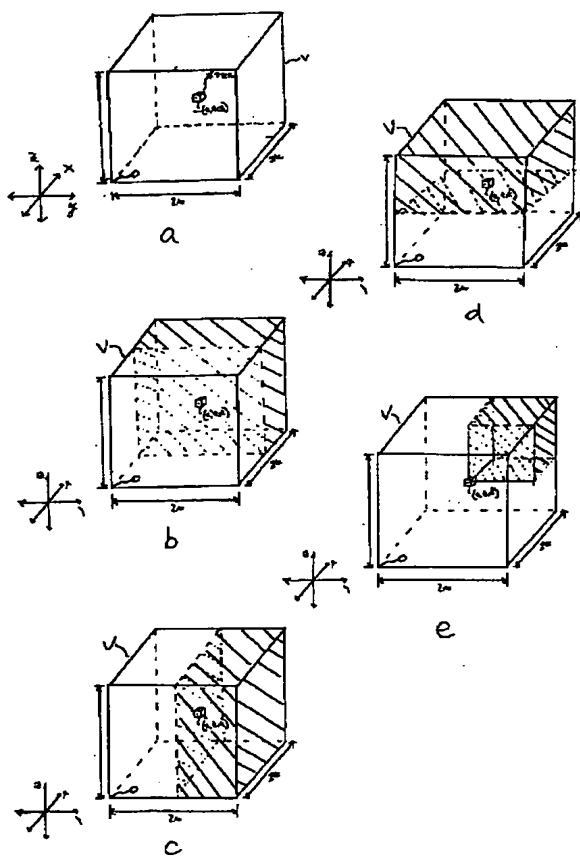
【図13】



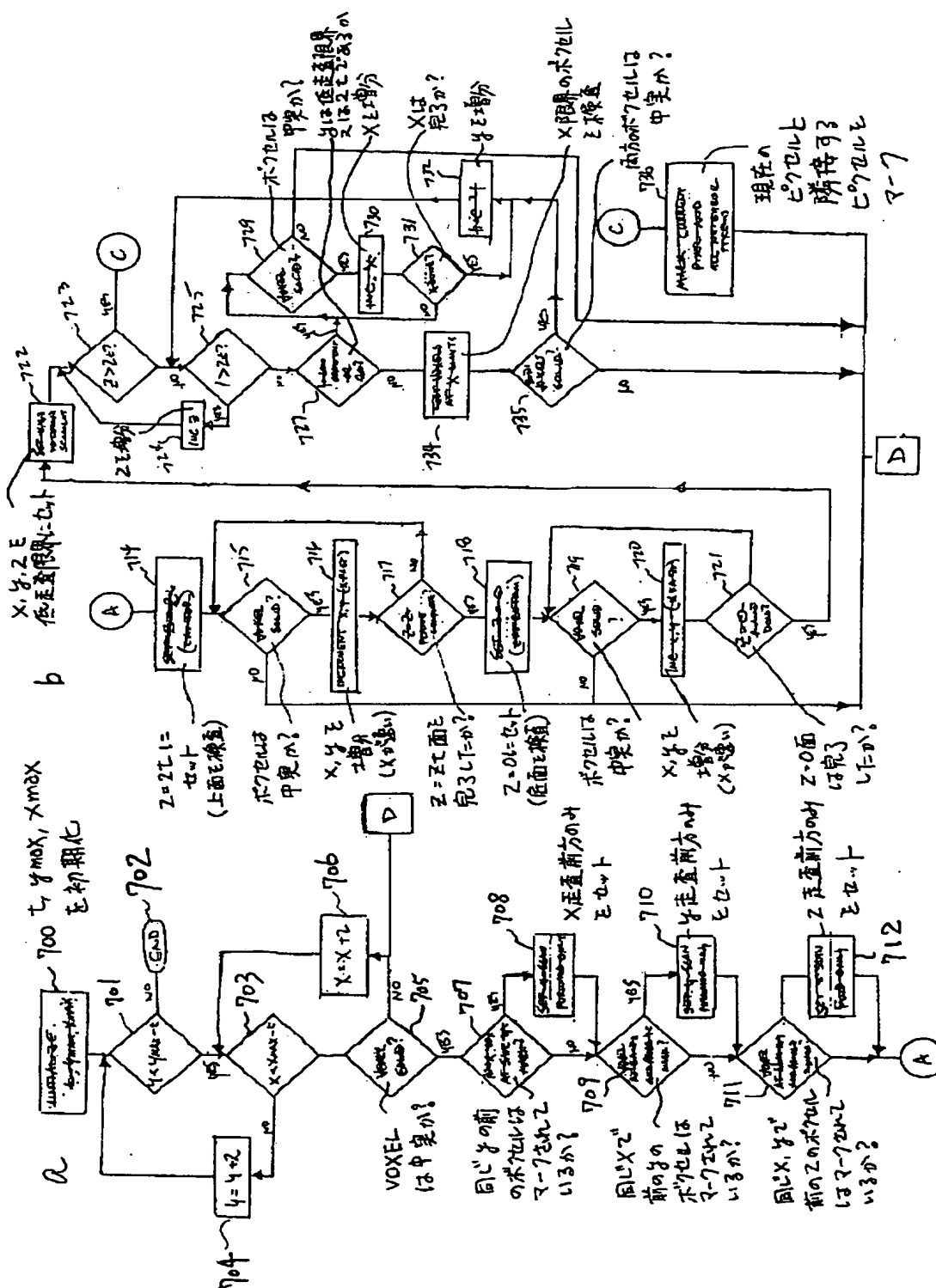
【図14】



【図16】

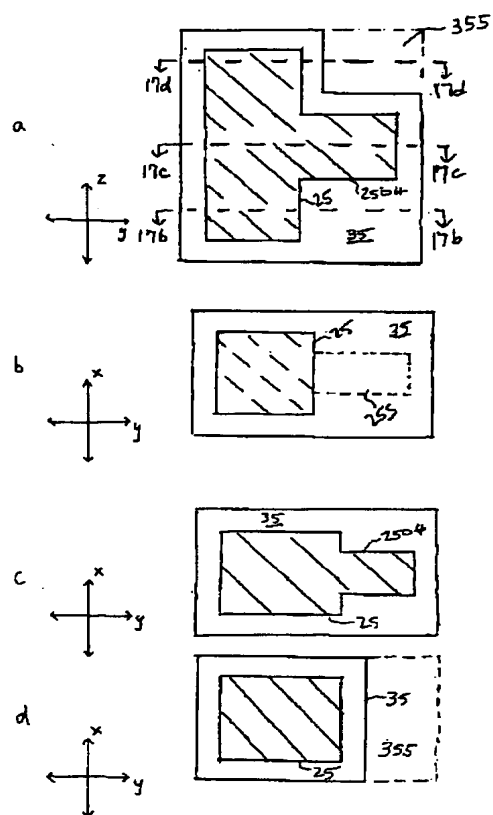


【図 15】



(23)

【図17】



【手続補正書】

【提出日】平成6年6月8日

【手続補正1】

【補正対象書類名】図面

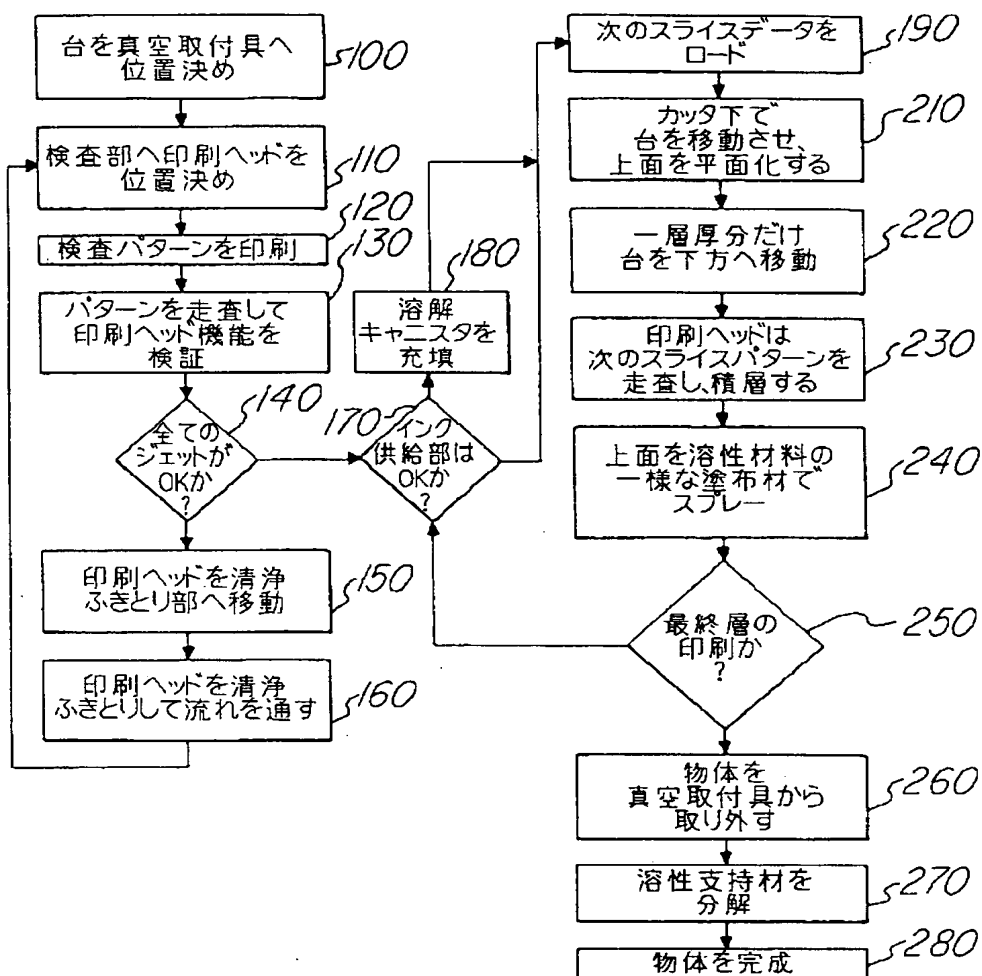
【補正対象項目名】図4

【補正方法】変更

【補正内容】

【図4】

(24)



【手続補正2】

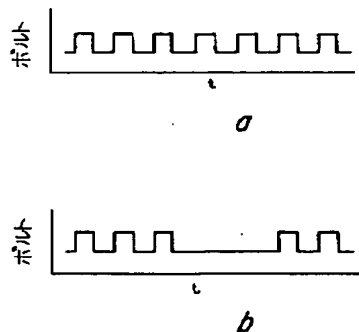
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図6

【補正方法】変更

【補正内容】

【図6】



【手続補正3】

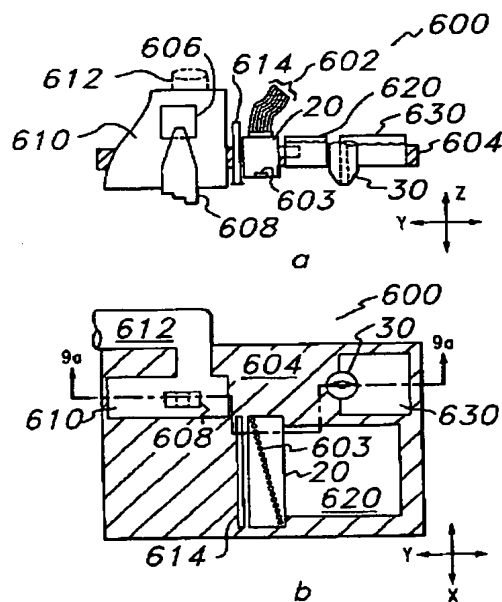
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図9

【補正方法】変更

【補正内容】

【図9】



【手続補正4】

【補正対象書類名】図面

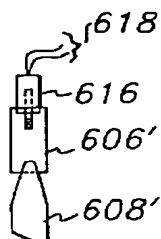
【補正対象項目名】図10

【補正方法】変更

【補正内容】

(25)

【図10】



【手続補正5】

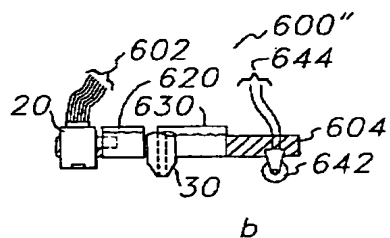
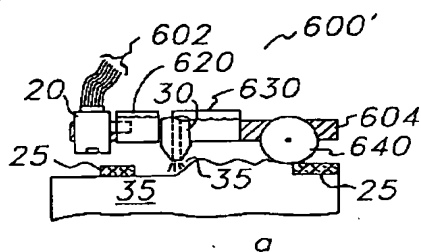
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図11

【補正方法】変更

【補正内容】

【図11】



【手続補正6】

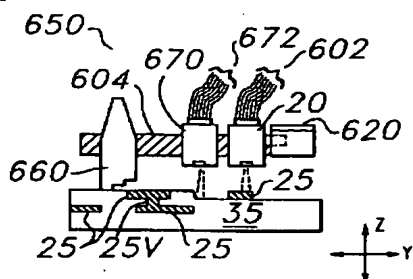
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図12

【補正方法】変更

【補正内容】

【図12】



【手続補正7】

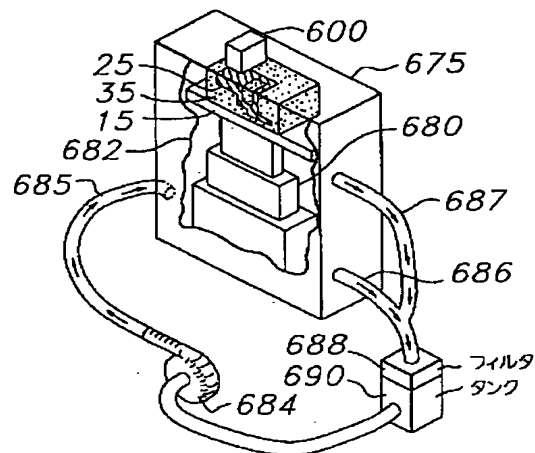
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図13

【補正方法】変更

【補正内容】

【図13】



【手続補正8】

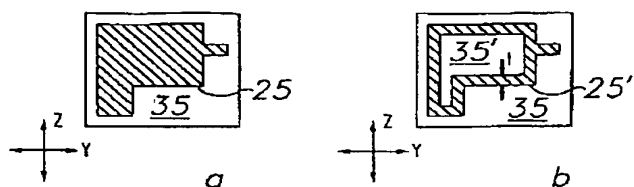
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図14

【補正方法】変更

【補正内容】

【図14】



【手続補正9】

【補正対象書類名】図面

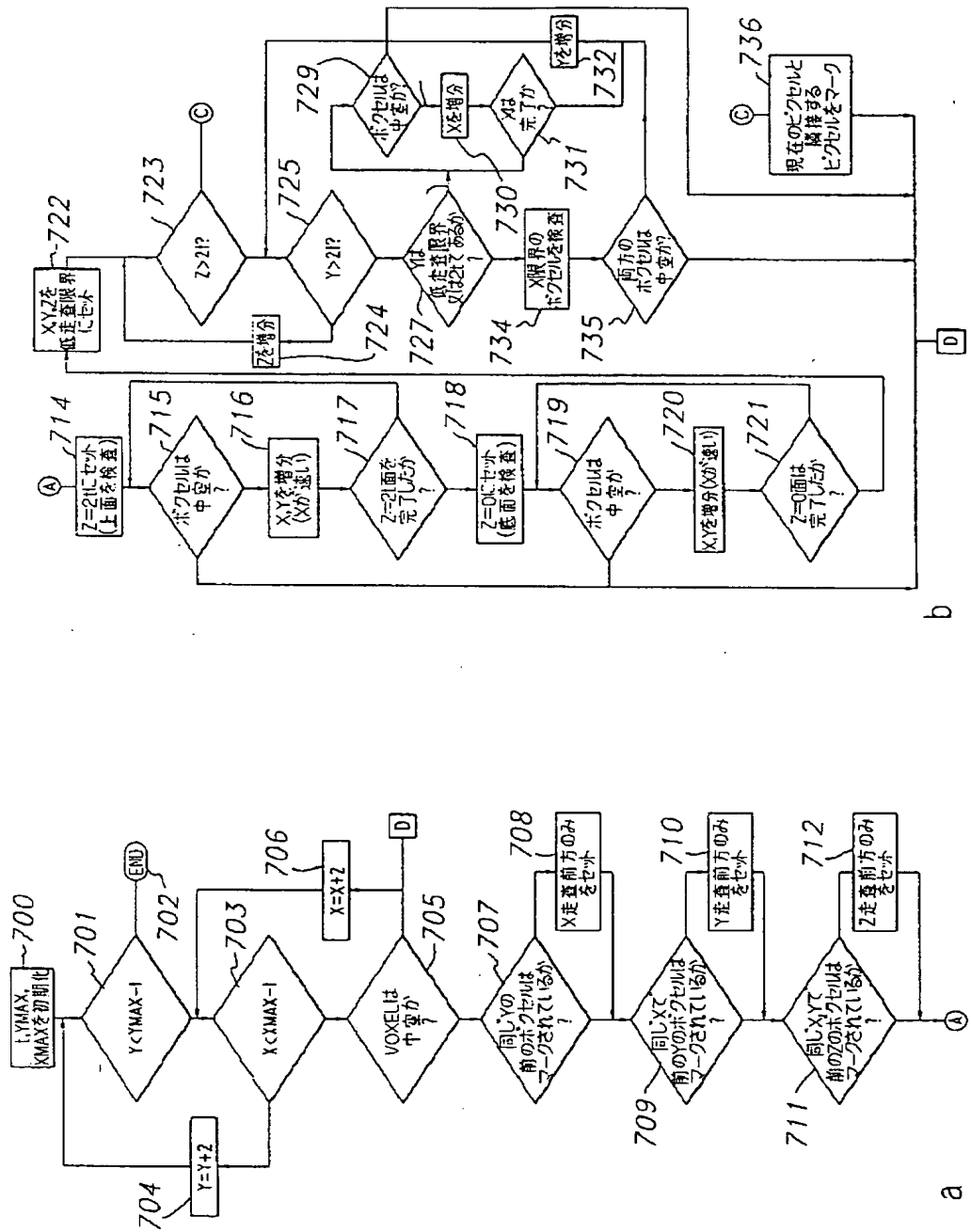
【補正対象項目名】図15

【補正方法】変更

【補正内容】

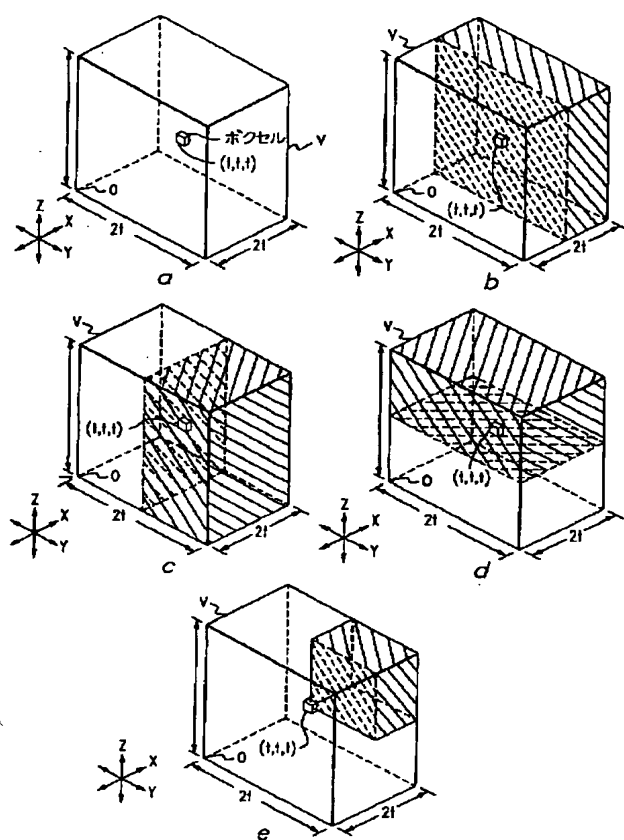
【図15】

(26)



【手続補正10】
【補正対象書類名】図面
【補正対象項目名】図16
【補正方法】変更
【補正内容】
【図16】

(27)



【手続補正 1 1】

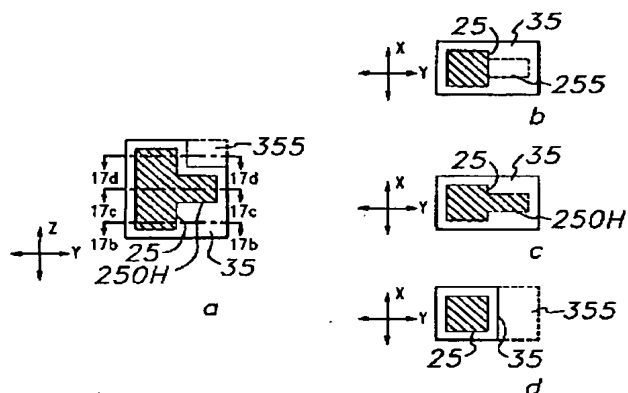
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 17

【補正方法】変更

【補正内容】

【图 17】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 6

G 0 5 B 19/4097

G 0 6 F 17/50

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

(72) 発明者 マイクル イー. エンブリー

アメリカ合衆国テキサス州ザ コロニイ,

イエーガー 5304

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☒ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.